



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

CARACTERIZACIÓN GEOELÉCTRICA DE LA
COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA

Oscar Elizalde Arbilla

David Resano Urbiola

Tutor: Vicente Senosiain Miquélez

Pamplona, 30 de abril de 2010

Índice

Capítulo 1: Introducción	3
Capítulo 2: Mapa geológico de la Comunidad Foral de Navarra	4
2.1 Introducción	4
2.2 Estratigrafía y litología	5
2.2.1 Paleozoico	6
2.2.2 Mesozoico	10
2.2.2.1 Triásico	11
2.2.2.2 Jurásico	11
2.2.2.3 Cretácico inferior	12
2.2.2.4 Cretácico superior	13
2.2.3 Terciario	14
2.2.3.1 Terciario marino	15
2.2.3.2 Terciario continental	16
2.2.4 Cuaternario	18
2.3 Emplazamientos seleccionados	18
Capítulo 3: Resistividad eléctrica	22
3.1 Medida de la resistividad eléctrica del terreno	22
3.2 Resistividad eléctrica de suelos	22
3.3 Medida de la resistividad eléctrica	27
3.4 Dispositivos tetraelectródicos lineales	29
3.4.1 Dispositivo Wenner	29
3.4.2 Dispositivo Schlumberger	30
3.4.3 Dispositivo polo-dipolo	31
3.4.4 Dispositivo doble dipolo (axil)	32
3.4.5 Dispositivos Wenner α , β	32
3.5 Tipos de prospecciones geoeléctricas	33
3.5.1 Sondeo eléctrico vertical	33
3.5.1.1 Sondeo Wenner	35
3.5.1.2 Sondeo Schlumberger	35
3.5.1.3 Sondeo bipolar	36

3.5.2 Calicatas eléctricas	37
Capítulo 4: Datos	38
4.1. Condiciones para la toma de datos	38
4.1.1. Problemas hallados en la toma de datos	38
4.2. Paleozoico	39
4.3. Triásico	51
4.4. Jurásico	59
4.5. Cretácico inferior	67
4.6. Cretácico superior	77
4.7. Terciario marino	95
4.8. Terciario continental	113
4.9. Pleistoceno	143
4.10. Holoceno	153
Capítulo 5: Conclusiones	167
Bibliografía	173
Anexo I: Términos geológicos	175
Anexo II: Programa RES1D	179
Anexo III: Terulómetro TERR 234 E	181
Anexo IV: Fotos	183



1. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto consiste en medir la resistividad eléctrica del terreno a distintas profundidades en distintos emplazamientos de la Comunidad Foral de Navarra, con el fin de establecer si existe una correspondencia entre el mapa geológico de Navarra y las resistividades medidas.

En la primera etapa del proyecto se analiza la geología de Navarra, dividiendo la geografía foral en distintas zonas geológicas. Se ha utilizado para ello el mapa geológico de Navarra, publicado en 1997 por el Gobierno de Navarra.

La segunda etapa del proyecto consiste en seleccionar los emplazamientos en los que se han hecho las medidas de resistividad, atendiendo a su pertenencia a las diferentes zonas geológicas. Medimos en varios puntos de cada zona, de forma que sean estadísticamente significativos.

La tercera etapa del proyecto tiene por misión medir la resistividad eléctrica en los emplazamientos seleccionados. Las mediciones están realizadas entre los meses de noviembre de 2009 y marzo de 2010.

La cuarta etapa del proyecto consiste en un análisis de los datos recogidos, estimando intervalos de variación de la resistividad eléctrica dentro de una misma zona geológica, estratificación geoelectrica de cada punto de medida, etc.

Para la ejecución del proyecto, además de las herramientas informáticas habituales se ha utilizado:

- un terulómetro para medir la resistividad del terreno con sus cables de conexión y electrodos de puesta a tierra. (Modelo de terulómetro: TERR 234E)
- un localizador GPS para identificar geográficamente cada punto de medida. (Modelo de GPS: Garmin eTrex Vista HCx)
- un vehículo con el que acceder a los emplazamientos seleccionados para realizar las medidas.

2. MAPA GEOLÓGICO DE LA COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA

2.1 Introducción

La Comunidad Foral de Navarra presenta un enorme interés geológico. Desde el punto de vista estratigráfico están representados materiales desde el Ordovícico hasta nuestros días, cubriendo un registro muy amplio de la escala cronoestratigráfica.

Litológicamente, la variedad es también muy grande, estando presentes las rocas plutónicas (grafitos), volcánicas y subvolcánicas (basaltos, diabasas, ofitas), metamórficas (granulitas) y sedimentarias que muestran una gran dispersión (conglomerados, areniscas, limolitas, arcillas, margas, calizas y dolomías). La gradación de ambientes sedimentarios es también notoria, desde los conos o abanicos aluviales hasta los surcos profundos donde se deposita el flysch, pasando por todos los ambientes intermedios, que tienen ejemplos más o menos representativos dentro de la paleogeografía de los depósitos sedimentarios que se encuentran en la Comunidad Foral de Navarra.

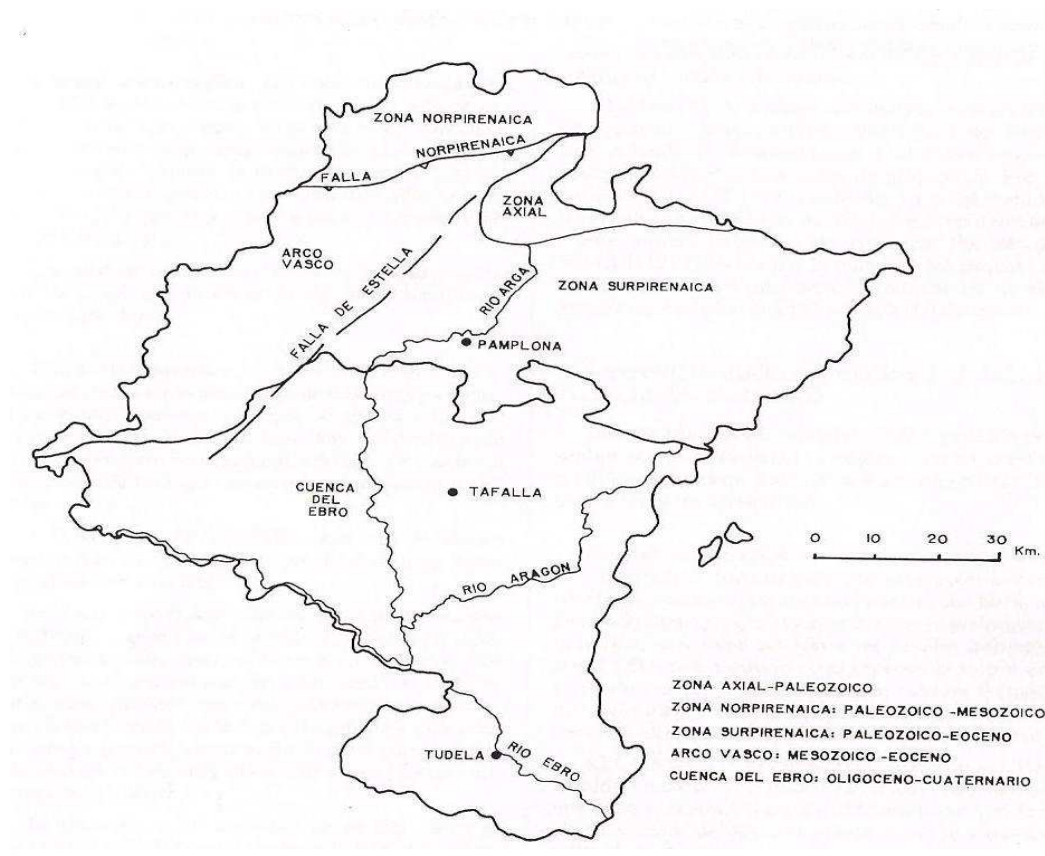


Figura 2.1 Distribución de las grandes unidades de la Comunidad Foral de Navarra



2.2 Estratigrafía y litología

En la Comunidad Foral de Navarra, se pueden distinguir tres dominios geológicos, Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico (éste último dividido en dos), agrupados en franjas, según direcciones este-oeste, cuyos límites se encuentran definidos por accidentes tectónicos importantes.

La franja septentrional incluye fundamentalmente los materiales más antiguos que afloran en la Comunidad Foral de Navarra, cuya edad se encuentra comprendida entre el Ordovícico y el Cretácico superior. La franja central está ocupada por materiales de edad Paleoceno-Eoceno de carácter turbidítico. La franja meridional, en que afloran materiales de naturaleza continental cuya edad se encuentra comprendida entre el Oligoceno y el Mioceno, pertenecientes al Terciario.

Según lo descrito anteriormente se puede realizar la siguiente clasificación estratigráfica:

1. Paleozoico
2. Mesozoico
 - 2.1 Triásico
 - 2.2 Jurásico
 - 2.3 Cretácico
 - 2.3.1 Cretácico inferior
 - 2.3.2 Cretácico superior
3. Terciario
 - 3.1 Terciario marino
 - 3.2 Terciario continental
4. Cuaternario
 - 4.1 Pleistoceno
 - 4.2 Holoceno

2.2.1 Paleozoico

El estudio del Paleozoico presenta grandes dificultades debido a la complejidad de los macizos de Aya-Cinco Villas y de Quinto Real-Alduides, y al recubrimiento vegetal con la correspondiente falta de afloramientos.

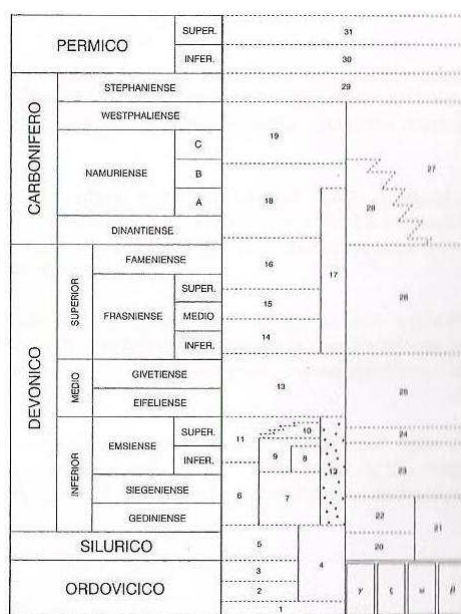


Figura 2.2 Unidades cartográficas del Paleozoico de la C.F. de Navarra

Los terrenos paleozoicos se localizan en el eje de la Cordillera Pirenaica, formando parte de los Macizos de Cinco Villas, que se prolonga hacia el País Vasco y de Quinto Real, que se prolonga hacia Francia.

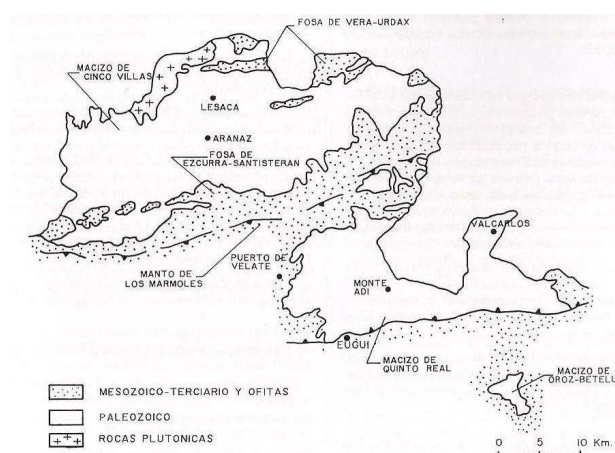


Figura 2.3. Localización de los afloramientos paleozoicos



En la Comunidad Foral de Navarra se han diferenciado tres sectores en donde afloran materiales Paleozoicos:

- Macizo de Alduides-Quinto Real
- Macizo de Oroz-Betelu
- Macizo de Cinco Villas

En los dos primeros sectores afloran materiales cuya edad se encuentra comprendida entre el Ordovícico y el Carbonífero apareciendo los más antiguos en la zona de Valcarlos y los más modernos al norte de Eugui. El Macizo de Cinco Villas se encuentra fuertemente afectado por la placa tectónica hercínica y posteriormente por los empujes alpinos, cuyo resultado son las fracturas de dirección este-oeste que originan dos fosas alargadas, Bera-Urdax y Ezkurra-Santesteban, en las que se conservan restos de la corteza mesozoica.

Ordovícico

Unidades cartográficas γ - ζ Rocas plutónicas

Unidad cartográfica ω Rocas subvolcánicas

Unidad cartográfica β Rocas volcánicas

Unidad cartográfica 1 Cuarcitas

Unidad cartográfica 2 Cuarcitas y esquistos

Unidad cartográfica 3 Esquistos arenosos

Unidad cartográfica 4 Esquistos y cuarcitas predominantes

Silúrico

Unidad cartográfica 5 Esquistos arcillosos, con nivel de arena y lentejones de caliza oscura al techo

Unidad cartográfica 20 Esquistos de ANZABAL: Esquistos epimetamórficos con intercalaciones de cuarcitas y un nivel de dolomía y caliza de base

Unidad cartográfica 21 Cuarcitas y esquistos

Devónico

Unidad cartográfica 6 Formación ONDARROLLE: Alternancia de dolomías y cuarcitas. Al norte de Valcarlos brechas

Unidad cartográfica 7 Cuarcitas ALDUIDES: Areniscas cuarcíticas blancas



Unidad cartográfica 8 Formación UREPEL: Alternancia de dolomías y areniscas cuarcitas en la base. Al techo esquistos con areniscas cuarcíticas blancas

Unidad cartográfica 9 Esquistos AUTRINGO: Esquistos arenosos y ferruginosos

Unidad cartográfica 10 Formación QUINTO: Alternancia de dolomías y areniscas cuarcíticas

Unidad cartográfica 11 Formación URQUIAGA: Esquistos con braquiópodos en la base. Alternancia de dolomías y calizas con niveles de areniscas y esquistos

Unidad cartográfica 12 Cuarcitas y esquistos

Unidad cartográfica 13 Formación ODIA, esquistos ARGUS: Calizas ITURUMBURU, Esquistos LASTUR. Esquistos con bancos calizos y arenas.

Unidad cartográfica 14 Formación ADARZA: Alternancia de cuarcitas y esquistos arcillosos

Arenisca ZUREGUN: Areniscas calcáreas

Esquistos ZOCHOA: Alternancia de esquistos arcillosos y cuarcitas

Unidad cartográfica 15 Formación TREPA: Cuarcitas oscuras, areniscas calcáreas esquistos arcillosos oscuros

Cuarcitas OCORO: Cuarcitas de color claro con intercalaciones de esquistos

Esquistos ARTESIAGA: Esquistos arcillosos y arenosos

Unidad cartográfica 16 Calizas PICUDA: Calizas con flasher y margas

Arenisca ABARTAN: Areniscas cuarcíticas con finas pasadas de esquistos

Unidad cartográfica 17 Areniscas, esquistos y grauwacas Calizas, dolomías y areniscas

Unidad cartográfica 22 Dolomías de INZULEGUI: Dolomías tableadas y lutitas

Formación de CORDOBA: Dolomías pasando hacia arriba a esquistos dolomíticos

Formación de ILARREGI: Esquistos con intercalaciones de areniscas calcáreas

Unidad cartográfica 23 Esquistos de ARCHISURI: Esquistos piritosos con algunas capas de cuarcita

Formación de ESKOSKO: Alternancia de areniscas blandas, dolomías y esquistos dolomíticos

Dolomía de ARILZACUN: Dolomías de color marrón, alternando con esquistos y niveles de areniscas



Formación PICO DE URLEY: Cuarzoarenitas blancas con niveles de brechas en la base

Dolomía de KANTORNEA: Dolomías claras con intercalaciones de areniscas y pizarras

Formación SUMBILLA: Pizarras y areniscas

Unidad cartográfica 24 Formación OTXONDO: Alternancia de niveles de caliza, margas y esquistos

Esquistos de ORONÓZ: Esquistos negros arenosos con intercalaciones de areniscas

Calizas de ORONÓZ: Calizas con intercalaciones de pizarra

Formación KALFORRO: Esquistos negros con intercalaciones arcilloso-calcareas y areniscas

Calizas de MARQUESENEA: Calizas alternando con esquistos, margas y calizas margosas

Unidad cartográfica 25 Formación ELORZURI: Esquistos arenosos o margosos con bancos de calizas oscuras

Unidad cartográfica 26 Areniscas de ARREGUI: Areniscas cuarcíticas

Pizarras de EZPONDA: Pizarras arcillosas con intercalaciones de arenisca

Carbonífero

Unidad cartográfica 18 Calizas pastel SURIAIN: Calizas de color rojizo y azulado

Esquistos abigarrados ARGÁ: Esquistos rojos y verdes con intercalaciones de dolomías

Dolomía OCHAVERRI: Dolomías

Formación ASTURRETA: Magnesita

Formación BASERDI: Dolomías y esquistos

Unidad cartográfica 19 Formación OLÁZAR: Esquistos y grauwacas con niveles de conglomerados

Unidad cartográfica 27 Facies CULM: Esquistos y grauwacas con niveles de conglomerados

Formación ORMATEGO: Silexitas y caliza, intercaladas en la facies Culm

Unidad cartográfica 28 Calizas de LESAKA: Calizas marinas de color blanco a gris azulado, marmóreas

Unidad cartográfica 29 Pizarras negras con intercalaciones carbonosas y cuarcitas

Pérmico

Unidad cartográfica 30 Brechas carbonatadas, arenas y limos

Unidad cartográfica 31 Arcillas, limos, arenas y conglomerados

2.2.2 Mesozoico

El Mesozoico tiene una amplia distribución facial y cubre una buena parte del territorio navarro.

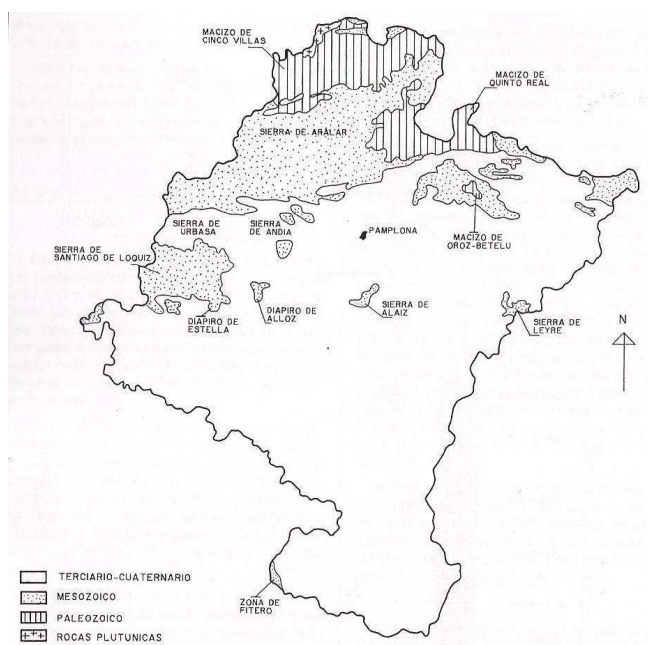


Figura 2.4 Distribución de los afloramientos mesozoicos

El Triásico aflora ligado a los macizos paleozoicos y a las zonas diapíricas. En cuanto al Jurásico y Cretácico, recubren en líneas generales la parte noroccidental de Navarra, al sur del Macizo de Cinco Villas y al oeste del de Quinto Real. El Cretácico ocupa, además, de la Sierra de Santiago de Lóquiz, las estribaciones de la Sierra de Cantabria en su sector navarro, las Sierras de Alaiz, Leyre y el noroeste de la Comunidad Foral de Navarra, así como los bordes de los diapiros de Estella y Alloz y la cuenca de Bera. Finalmente, en el borde sur, concretamente en la zona de Fitero, aparecen también materiales mesozoicos pertenecientes a la Cadena Ibérica.

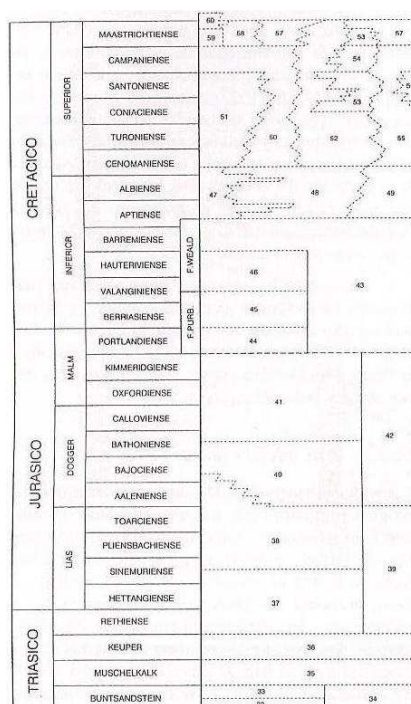


Figura 2.5 Distribución estratigráfica de las unidades cartográficas del Mesozoico

2.2.2.1 Triásico

Aflora en la zona septentrional de la Comunidad Foral de Navarra, además se encuentra en los diapiros y en las alineaciones tectónicas de la zona situada al norte y noroeste de la Sierra de Aralar.

Unidad cartográfica 32 Areniscas grises y rojas con conglomerados basales

Unidad cartográfica 33 Arcillas y areniscas rojas alternantes. Arcillas abigarradas al techo

Unidad cartográfica 34 Conglomerados, areniscas, limos y arcillas

Unidad cartográfica 35 Calizas dolomíticas, calizas y dolomías

Unidad cartográfica 36 Arcillas abigarradas yesíferas, yesos y sales

2.2.2.2 Jurásico

Aflora fundamentalmente en el sector noroeste, observándose también en un pequeño afloramiento situado cerca de Fitero, que marca la terminación oriental del Jurásico de la zona de Cameros.



Unidad cartográfica 37 “Carniolas”, calizas, dolomías y calizas dolomíticas. En la zona de Leitza-Almandotz, mármoles

Unidad cartográfica 38 Margas, margocalizas y calizas margosas en bancos delgados

Unidad cartográfica 39 Calizas, dolomías, margocalizas y margas

Unidad cartográfica 40 Calizas y margocalizas, con margas intercaladas en algunas zonas

Unidad cartográfica 41 Calizas y calizas marmóreas en la zona de Leitza-Almandotz

Unidad cartográfica 42 Calizas y calizas arcillosas y margocalizas indiferenciadas

2.2.2.3 Cretácico inferior

La mayor parte de sus afloramientos se localizan en el sector noroccidental, Sierra de Aralar y en la zona comprendida entre Betelu y el Puerto de Aralar. En el sector meridional, en las proximidades de Fitero, se observa un pequeño afloramiento.

Unidad cartográfica 43 F. Purbeck y Weald del norte. Calizas, dolomías, margas y areniscas

Unidad cartográfica 44 Grupo TERA: Conglomerados, arenisca y calizas colíticas

Unidad cartográfica 45 Grupo ONCALA: Calizas tableadas con dolomía, “carniolas” en la base

Unidad cartográfica 46 Grupo URBION: Calizas oscuras en bancos, margas y limos

Unidad cartográfica 47 Calizas arrecífales y calcarenitas. En la zona norte a veces mármoles

Unidad cartográfica 48 Margas predominantes con niveles discontinuos de caliza. Al norte de Alsasua margas y areniscas

Unidad cartográfica 49 Conglomerados y areniscas. En la zona de Meano arenas de facies Utrillas



2.2.2.4 Cretácico superior

Este dominio paleográfico se encuentra bien representado en las Sierras de Santiago Lóquiz y de Cantabria, incluidas en el sector occidental, así como en las zonas de Garralda, Valcarlos, Alaitz, Leyre y Larra, en el sector oriental. Aflora ampliamente en el corredor de La Barranca, prolongándose hasta las inmediaciones de Irurtzun. También al oeste de la falla de Lizarraga, en el Valle de Ergoyena, Valle de Ultzama y en las zonas de Itxaso y Beunza.

Unidad cartográfica 50 Margas y margocalizas

Unidad cartográfica 51 Calcarenitas, calizas y calizas arcillosas. Al oeste de Lóquiz calizas con Lacazinas en la parte alta

Unidad cartográfica 52 Flysch

Unidad cartográfica 53 Brechas, calcarenitas y flysch

Unidad cartográfica 54 Conglomerados, areniscas y margas (Zona de Urritzola-Galain)

Unidad cartográfica 55 Calizas en Larra. Calizas y dolomías en la zona de Garralda y Leyre. Calizas arenosas en Alaitz

Unidad cartográfica 56 Brecha de IBARRONDOA. Brechas de cantos esquistosos

Unidad cartográfica 57 Margas

Unidad cartográfica 58 Calizas y margocalizas

Unidad cartográfica 59 Areniscas calcáreas y dolomíticas en Leyre. Calizas, dolomías y areniscas en Alaitz

2.2.3 Terciario

El tránsito del Mesozoico al Cenozoico o Era Terciaria está caracterizado por una fuerte regresión.

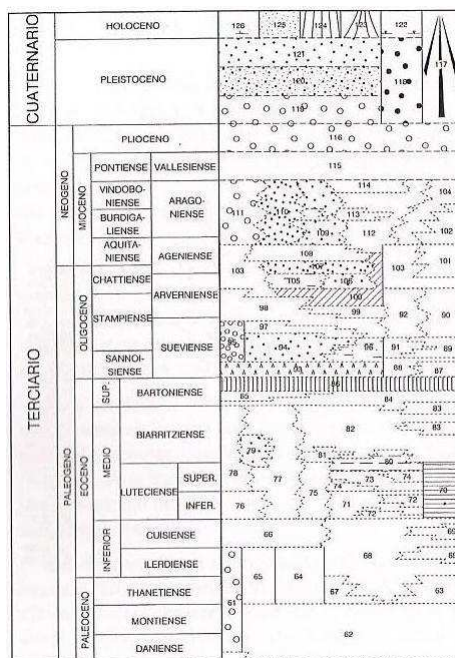


Figura 2.6 Distribución estratigráfica de las unidades cartográficas del Terciario y Cuaternario

Los sedimentos cenozoicos afloran en una franja que se extiende de oeste a este, comprendiendo las sierras de Urbasa y Andía, la Cuenca de Pamplona y prácticamente la totalidad del sector nororiental de la Comunidad Foral de Navarra, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

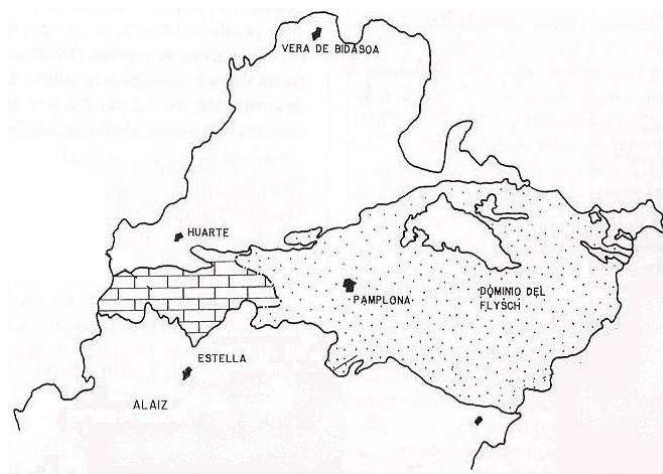


Figura 2.7 Distribución de dominios cenozoicos



2.2.3.1 Terciario marino

Aflora en las zonas de Leyre y Alaitz, al oeste del río Araquil, entre los ríos Araquil y Arga, al este del río Arga.

Unidad cartográfica 60 Arcillas rojas con intercalaciones dolomíticas

Unidad cartográfica 61 Dolomías y calizas con niveles margosos

Unidad cartográfica 62 Dolomías y calizas

Unidad cartográfica 63 Margas con escasas intercalaciones de calizas arcillosas

Unidad cartográfica 64 Calcarenitas, calizas y calizas margosas

Unidad cartográfica 65 Margocalizas, margas, calizas y calcarenitas

Unidad cartográfica 66 Margas y margocaliza con alguna caliza

Unidad cartográfica 67 Brechas y acumulación de olistolitos

Unidad cartográfica 68 Flysch. Hacia el oeste pasando de margas

Unidad cartográfica 69 Calcarenitas y calizas con brechas en la base

Unidad cartográfica 70 Flysch

Unidad cartográfica 71 Flysch

Unidad cartográfica 72 Calcarenitas y calizas con brechas en la base

Unidad cartográfica 73 Flysch

Unidad cartográfica 74 Calcarenitas y calizas con brechas en la base. En Leyre calizas arenosas

Unidad cartográfica 75 Margas y margocalizas con algún nivel calizo

Unidad cartográfica 76 Calizas

Unidad cartográfica 77 Calizas, calcarenitas y calciruditas con algún margoso

Unidad cartográfica 78 Margas con niveles de calcarenitas

Unidad cartográfica 79 Areniscas calcáreas

Unidad cartográfica 80 Flysch margoso

Unidad cartográfica 81 Calcarenitas, calizas arcillosas y margas

Unidad cartográfica 82 Margas de PAMPLONA: Margas. Turbiditas en la zona de Yesa

Unidad cartográfica 83 Areniscas de GONGOLAZ: Areniscas de cemento calcáreo. La capa de Usoz: limos y areniscas calcáreas con glauconita

Unidad cartográfica 84 Margas de ILUNDAIN: Margas



Unidad cartográfica 85 Margas de IBARGOITI: Evaporitas (con potasa) margas fajeadas y margas detríticas al techo

Unidad cartográfica 86 Areniscas de LIEDENA: Areniscas de cemento calcáreo, con “ripple marks”

2.2.3.2 Terciario continental

Se distribuye ampliamente por la mitad meridional de la Comunidad Foral de Navarra.

Formación SANGÜESA

Unidad cartográfica 87 Facies de JAVIER: Arcillas rojizas con paleocanales

Unidad cartográfica 88 Facies de ZABALZA: Margas, arcillas y limos

Unidades cartográficas 89 y 90 Facies de SANGÜESA – CÁSEDA: Arenisca de “ripples” y paleocanales alternando con limos y arcillas

Unidad cartográfica 91 y 92 Facies de SANGÜESA – ESLAVA: Arcillas y margas con niveles finos de caliza y de arenisca

Unidad cartográfica 93 Yesos de PUENTE LA REINA: Yesos, arcilla y limos

Formación MUES

Unidad cartográfica 94 Areniscas de MUÉS: Areniscas rojas, limos y arcillas

Unidad cartográfica 95 Facies del PERDÓN INFERIOR: Conglomerados, margas, margocalizas, y niveles de yeso

Unidad cartográfica 96 Facies de TIRAPU: Arcillas, limos con láminas de areniscas

Unidad cartográfica 97 Facies de ESPRONCEDA: Arcillas con capas de calizas y areniscas

Formación FALCES

Unidad cartográfica 98 Yesos de FALCES INFERIOR: Yesos y arcillas con algún nivel de halita

Unidad cartográfica 99 Yesos de FALCES SUPERIOR: Yesos y arcillas

Unidad cartográfica 100 Arcillas de MARCILLA: Arcillas beige con niveles caliza, arenisca y yeso



Formación UJUÉ

Unidad cartográfica 101 y 102 Conglomerados del PERDÓN: Conglomerados, areniscas y arcillas

Unidad cartográfica 103 Facies de SOS; SAN MARTIN y ALLO: Arcillas con areniscas y limos. En Allo yesos y calizas subordinadas

Unidad cartográfica 104 Facies de UJUÉ: Arcillas y areniscas (Paleocanales)

Formación LERÍN

Unidad cartográfica 105 Facies de MENDAVIA, ALCANADRE Y SARTAGUDA: Arcillas rojas, areniscas y yesos

Unidad cartográfica 106 Facies de PERALTA: Arcillas beige y yesos

Unidad cartográfica 107 Facies de LODOSA, SESMA: Arcillas rojas y beige, yesos y areniscas

Unidad cartográfica 108 Yesos de LOS ARCOS: Yesos y arcillas grises

Formación FITERO

Unidad cartográfica 109 Facies de ALFARO: Arcillas, limos y areniscas rojas

Unidad cartográfica 110 Facies de CASCANTE: Conglomerados en paleocanales, arenisca, limos y arcillas. Aisladamente calizas y yesos

Unidad cartográfica 111 Conglomerados de FITERO: Conglomerados, areniscas y arcillas

Formación TUDELA

Unidad cartográfica 112 Facies de TUDELA: Arcilla con niveles de caliza, especialmente abundantes en Moncayuelo y Bardenas. En Olite arcillas con niveles de arenisca

Unidad cartográfica 113 Yesos de MONTEAGUDO: Yesos con nódulos de sílex

Unidad cartográfica 114 Calizas de SANCHO ABARCA: Calizas con niveles de arcilla

Unidad cartográfica 115 Conglomerados de Yerga: Conglomerados

Unidad cartográfica 116 Facies de GENEVILLA: Conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas



2.2.4 Cuaternario

Los depósitos cuaternarios ofrecen una gran diversidad y un amplio desarrollo superficial. Los más representativos son los de carácter fluvial, que se localizan mayoritariamente al sur y que corresponden al río Ebro y sus afluentes.

Por el contrario, al norte, predominan los depósitos de ladera: colusiones, canchales, etc., procedentes de los relieves próximos acumulándose al pie de los mismos.

Pleistoceno

Unidad cartográfica 117 Cantos con matriz limo-arenosa (Glacis)

Unidad cartográfica 118 Cantos y bloques (Morrenas)

Unidad cartográfica 119 Gravas y arenas (Terrazas altas >60m)

Unidad cartográfica 120 Gravas y arenas (Terrazas altas >60m)

Unidad cartográfica 121 Gravas y arenas (Terrazas bajas <20m)

Holoceno

Unidad cartográfica 122 Arcillas, limos y arenas (Endorreicos)

Unidad cartográfica 123 Cantos, arenas y limos (Conos de deyección)

Unidad cartográfica 124 Cantos de matriz arcillosa (Coluviones)

Unidad cartográfica 125 Gravas, cantos, arenas y arcillas (Aluvial-Fondo de valle)

Unidad cartográfica 126 Lutitas rojas (Arcillas de descalcificación)

2.3 Emplazamientos seleccionados

Las medidas de resistividad se han realizado en distintos emplazamientos atendiendo a su pertenencia a las diferentes zonas geológicas y unidades cartográficas.

Paleozoico

- Arizkun-Aintzialde
- Ariztegi
- Arantza – Igantzi
- Sorogain
- Ziga



Triásico

- Aurtitz
- Igúzquiza
- Lorca
- Iñarbil de Erratzu

Jurásico

- Alli – Astiz
- Beintza
- Beruete
- Uitz

Cretácico inferior

- Arraitz
- Eltzaburu
- Ilarregi
- Intza
- Zufia

Cretácico superior

- Artaza
- Berasain
- Ilarregi
- Iraizotz
- Isaba
- Olagüe
- Piedramillera
- Saldias
- Vitoria

Terciario marino

- Badostain
- Badostain 2
- Erice de Iza



- Murugarren
- Osacain
- Paternain – Ororbia
- Roncal – Burgui
- Ustarrotz

Terciario continental

- Aibar
- Arróniz
- Bardenas Reales
- Bearin
- Caparroso
- Cintruénigo
- El Busto
- Leoz
- Mañeru
- Rada
- San Martín de Unx – Ujué
- Sorlada
- Urbiola
- Viana
- Javier

Pleistoceno

- Peralta
- Azagra-Milagro
- Buñuel
- Corella
- Villafranca

Holoceno

- Arguedas
- Bozate
- Buñuel



- Marcilla
- Milagro
- Ribaforada
- Zuriain



3. Resistividad eléctrica

3.1 Medida de la resistividad eléctrica del terreno

Las medidas de resistividad eléctrica del subsuelo son habituales en las prospecciones geofísicas. Su finalidad suele ser detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo aunque en nuestro caso ya tenemos conocimiento de este tipo de accidentes geográficos en las zonas de medida gracias a la publicación del gobierno de Navarra, Mapa geológico de Navarra (1997). El método consiste en la inyección de corriente continua o de baja frecuencia en el terreno mediante un par de electrodos y la determinación, mediante otro par de electrodos, de la diferencia de potencial. El método concreto y las diferentes opciones que se presentan se explicarán más adelante. La magnitud de esta medida depende, entre otras variables, de la distribución de resistividades de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y de la corriente inyectada.

3.2 Resistividad eléctrica de suelos

La resistividad eléctrica ρ de un material describe la dificultad que encuentra la corriente eléctrica a su paso por él. De igual manera se puede definir la conductividad σ como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor. Para un conductor rectilíneo y homogéneo de sección s y longitud l la resistencia eléctrica es

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (3.1)$$

A partir de esta ecuación podemos despejar la resistividad

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} \quad (3.2)$$



La unidad de resistividad en el Sistema Internacional es el ohm por metro ($\Omega \cdot m$). la conductividad se define como el inverso de la resistividad

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3.3)$$

La unidad de conductividad en el Sistema Internacional es el siemens (s). La resistividad es una de las magnitudes físicas con mayor amplitud de variación para diversos materiales. Además, su valor depende de diversos factores como la temperatura, humedad o presión.

Estrictamente hablando todos los cuerpos son eléctricamente conductores dado que permiten, en mayor o menor medida, el paso de portadores de cargas eléctricas. Estos portadores pueden ser electrones o iones, hecho que permite distinguir entre dos tipos de conductividad: electrónica e iónica. Los cuerpos con conductividad electrónica se clasifican en metales y semiconductores. Los cuerpos con conductividad iónica se conocen como electrolitos si no presentan forma gaseosa.

El mecanismo de la conductividad de los metales puede imaginarse como debido a que los electrones de valencia de sus átomos pueden moverse libremente entre la red cristalina que éstos forman, sin vinculación a ninguno determinado. La facilidad de movimiento de los electrones y su gran número redundan en una conductividad muy elevada. Su resistencia aumenta con la temperatura y con el contenido de impurezas. La resistividad de los metales a temperatura normal varia entre 10^{-8} y $10^{-7} \Omega \cdot m$. Son pocos y muy escasos los componentes de la corteza terrestre que posean conductividad metálica. Entre ellos se cuentan los metales nativos (oro, plata, cobre, estaño) y quizá algún mineral poco abundante como la ullmanita (NiSbS).

Los minerales semiconductores son muchos y de gran importancia práctica. Su resistividad depende de su contenido en impurezas, a veces en grado extremo. Además su conductividad aumenta con la temperatura. Por ello, no cabe esperar que la resistividad de una especie mineralógica determinada pueda representarse por un dato único, sino que puede variar dentro de límites amplios. En general los telurios y los arseniuros son conductores muy buenos. Los sulfuros suelen entrar también entre los conductores buenos, con excepciones como la blenda y el cinabrio. Los óxidos, y los compuestos de antimonio suelen ser malos conductores, con la excepción de la magnetita. Ahora bien, estos minerales no suelen aparecer en la naturaleza de forma individual, sino en asociaciones, y junto con una ganga frecuentemente aislante



(cuarzo, calcita etc.), por lo que la resistividad conjunta del filón puede variar mucho de unos casos a otros.

En los cuerpos dieléctricos o aisladores, los electrones están fuertemente ligados a los átomos. Esto puede deberse a que existan enlaces covalentes o iónicos. En este último caso la red cristalina forma un electrolito sólido. La mayoría de los minerales pertenecen a este grupo. A temperaturas normales las resistividades son muy altas, generalmente superiores a $10^7 \Omega \cdot m$. Son minerales dieléctricos el azufre, la blenda, la calcita, el cuarzo, las micas y el petróleo entre otros. Entre estos minerales, además, figuran los más importantes constituyentes de las rocas, las cuales se comportarían como aisladoras si no fuera por la presencia de electrolitos.

El agua pura es muy poco conductora a causa de su muy reducida disociación. La resistividad del agua destilada es de unos $10^5 \Omega \cdot m$ por lo que puede considerarse como aislante. Las aguas que se encuentran en la naturaleza presentan, sin embargo, conductividad apreciable, pues siempre tienen disuelta alguna sal generalmente NaCl. Así las aguas de los lagos y arroyos de alta montaña varían entre $10^3 \Omega \cdot m$ y $3 \times 10^3 \Omega \cdot m$, las aguas subterráneas tienen resistividades de 1 a $20 \Omega \cdot m$, y las aguas marinas tienen una resistividad de unos $0,2 \Omega \cdot m$.

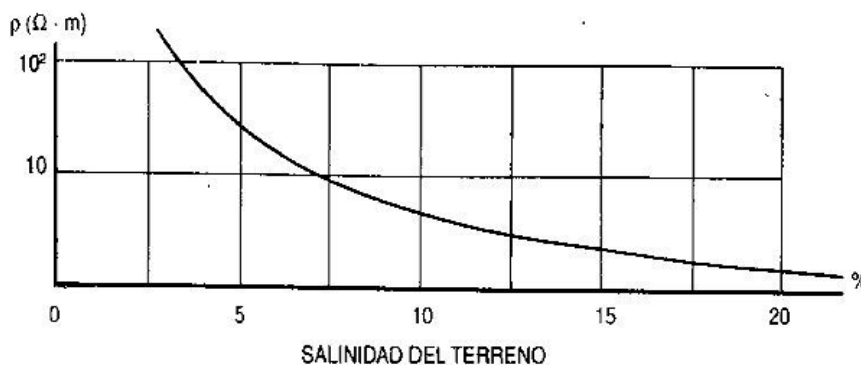


Tabla 3.1. Salinidad del terreno

Si la resistividad de las rocas dependiese únicamente de los minerales constituyentes, habrían de considerarse como aislantes en la inmensa mayoría de los casos, puesto que el cuarzo, los silicatos, la calcita, las sales, etc., lo son prácticamente. Sólo en el caso de que la roca contuviese minerales semiconductores en cantidad apreciable, podría considerarse como conductora, es decir, sólo lo serían las menas metálicas. Afortunadamente, todas las rocas tienen poros en proporción mayor o menor, los cuales suelen estar ocupados total o parcialmente por electrolitos, de lo que resulta que, en conjunto, las rocas se comportan como conductores iónicos,



de resistividad muy variable según los casos. La resistividad de las rocas puede variar en margen amplísimo en función del contenido en agua, de la salinidad de ésta y del modo de distribución de los poros.

Naturaleza del terreno	Resistividad de Ohm . m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo.....	1.500 a 3.000
Calizas blandas.....	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras.....	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1.500 a 10.000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

Tabla 3.2. Valores de resistividad de diferentes rocas y minerales

La resistividad de las rocas depende de la temperatura a la que se encuentre ya que la temperatura influye notablemente en la resistividad de los fluidos que hay en los poros. En concreto, un descenso de la temperatura provoca un aumento de la resistividad y en el punto de congelación el agua pasa a ser un dieléctrico mal conductor. Por último, cabe mencionar que la resistividad de algunos materiales, y como consecuencia de las rocas que estos forman, varía según la dirección de medida que se toma, es decir, que presentan anisotropía. La formación de estratos puede producir anisotropía. Tal es el caso de las rocas sedimentarias. En general este efecto será débil dada la aleatoriedad de las orientaciones de los minerales en la roca.

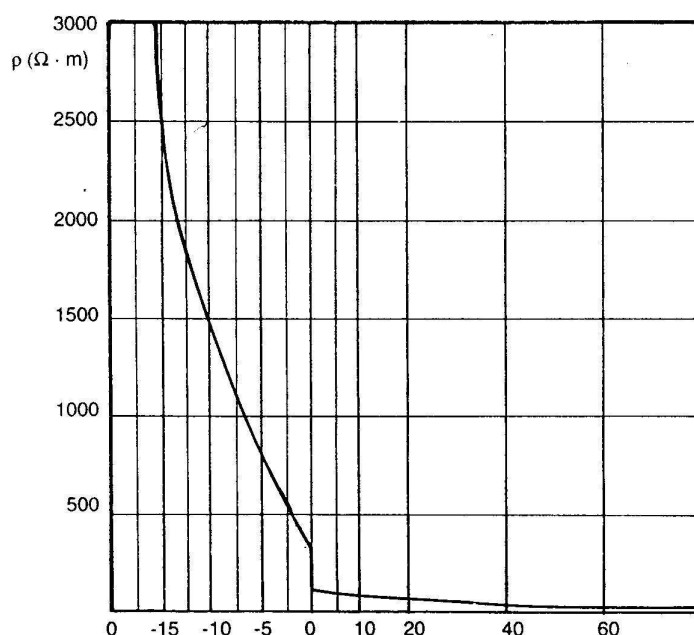


Tabla 3.3. Valores de resistividad (muestra de arcilla roja) según variación de la temperatura en °C

El suelo es una mezcla de rocas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Esta mezcla hace que la resistividad del suelo aparte de depender de su composición intrínseca, dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, presión, etc. que puedan provocar que un mismo suelo presente resistividades diferentes con el tiempo. De entre todos los factores, la humedad es el más importante, además, es el que se puede alterar más fácilmente mediante la lluvia o el riego del suelo. Diferentes grados de humedad para un mismo terreno darían lugar a resistividades diferentes que podrían llevarnos a interpretaciones erróneas de los materiales constituyentes del suelo.

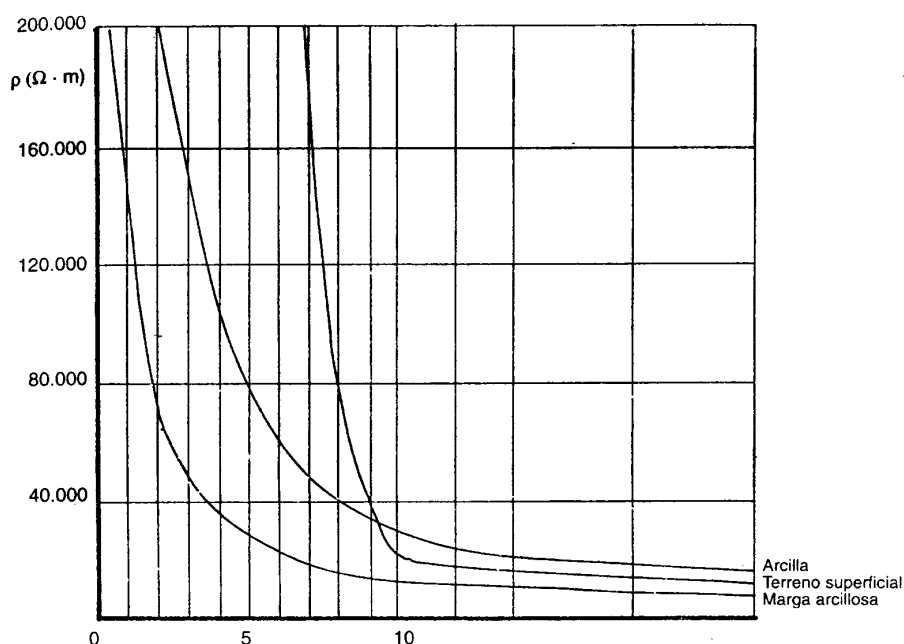


Tabla 3.4. Valores de resistividad según variación de la humedad en %

Una limitación del método resistivo es su alta sensibilidad a pequeñas variaciones de la conductividad cerca de la superficie, debido por ejemplo al contenido de humedad. Hablando en términos electrónicos, el nivel de ruido es alto. Una topografía accidentada puede tener un efecto similar, ya que el flujo de corriente se concentra en los valles y se dispersa en las colinas. Como resultado se distorsionan las superficies equipotenciales produciendo falsas anomalías debido solo a la topografía.

3.3 Medida de la resistividad eléctrica

La figura 3.2 muestra el principio de medida de la resistividad del suelo: se inyecta una corriente I entre el par de electrodos AB y se mide la tensión ΔV entre el par de electrodos MN. Si el medio es homogéneo de resistividad ρ , la diferencia de tensión es (Orellana, 1982)

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right) \quad (3.4)$$



Donde AM, AN, BM, BN son las distancias entre electrodos. La resistividad viene dada por la expresión

$$\rho = g \frac{\Delta V}{I} \quad (3.5)$$

donde

$$g = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)^{-1} \quad (3.6)$$

es un factor geométrico que depende exclusivamente de la disposición de los electrodos. De hecho, (3.5) es equivalente a (3.2) pero con un factor geométrico diferente

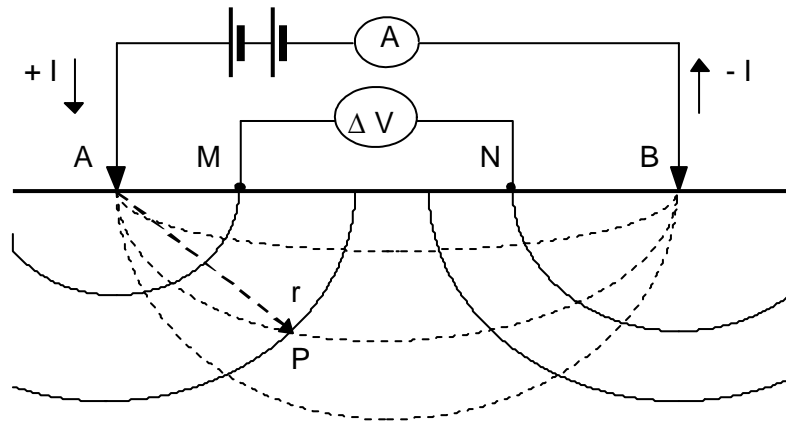


Figura 3.2. Dispositivo tetraelectrónico para la medida de la resistividad del suelo

Dos dispositivos tetraelectrónicos lineales (los cuatro electrodos están en línea) en los que intercambiamos los electrodos de inyección y detección presentan unos coeficientes de dispositivo

$$g_1 = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)^{-1} \quad (3.7)$$

$$g_2 = 2\pi \left(\frac{1}{MA} - \frac{1}{MB} - \frac{1}{NA} + \frac{1}{NB} \right)^{-1} \quad (3.8)$$

Dado que las distancias cumplen $AM=MA$, $AN=NA$, etc., se obtiene que $g_1 = g_2$. Luego si el medio es homogéneo, para una misma corriente de inyección las diferencias de potencial leídas ΔV_1 y ΔV_2 serán iguales. Por tanto la resistividad



media ρ será independiente de la posición de los electrodos de inyección y detección cuando estos se intercambian. Esta propiedad se conoce con el nombre de principio de reciprocidad, que se cumple también para medios heterogéneos (Orellana, 1982). No obstante, en la práctica no es conveniente colocar los electrodos M y N tan separados como suelen estar los A y B, pues al ser grande la distancia entre los primeros, la medida se vería afectada por las corrientes telúricas, parásitos industriales, etc., cuyo efecto aumenta proporcionalmente con la distancia entre M y N.

Los cálculos anteriores se basan en la consideración de que el suelo es homogéneo e isotrópico. Cuando el medio no es homogéneo, (3.5) da la resistividad aparente, ρ_0 , y su valor depende, además del factor geométrico g , de las resistividades de los diferentes materiales. A partir de la interpretación de las resistividades aparentes medidas en un terreno se podrán extraer conclusiones sobre la composición estructural del subsuelo.

3.4 Dispositivos tetraelectródicos lineales

En cualquier dispositivo electródico, si conocemos el factor geométrico g , la corriente eléctrica I inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, podemos calcular la resistividad aparente mediante (3.5). Los dispositivos tetraelectródicos lineales más utilizados son los siguientes:

3.4.1 Dispositivo Wenner

Los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB (Figura 3.3)

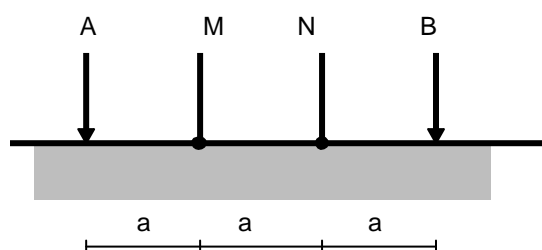


Figura 3.3. Dispositivo Wenner

El factor geométrico del dispositivo se deduce de (3.6)

$$g = 2\pi a \quad (3.9)$$

Este es el método elegido para realizar las medidas de resistividad para desarrollar el proyecto. El telurómetro trabaja con la unidad de resistencia eléctrica Ω , para obtener la resistividad se aplica la fórmula siguiente: $\rho = 2\pi aR$ (Ωm)

3.4.2 Dispositivo Schlumberger

Se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB (Figura 3.4). En la práctica, $AB > 5MN$.

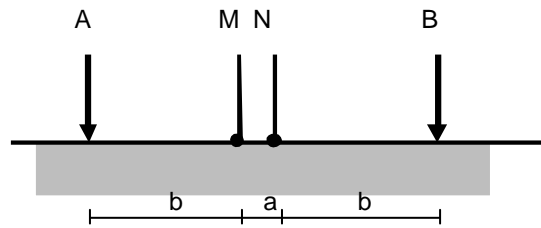


Figura 3.4. Dispositivo Schlumberger

El coeficiente del dispositivo en este caso es

$$g = \pi \frac{b(b-a)}{a} \quad (3.10)$$

Si definimos $L = b + a/2$, el factor geométrico se puede expresar como

$$g = \pi \left(\frac{L^2}{a} - \frac{a}{4} \right) \quad (3.11)$$

Si la distancia a que separa los electrodos M y N tiende a cero el factor geométrico queda

$$g = \pi \frac{L^2}{a} \quad (3.12)$$

Que tiende a infinito. Sin embargo la resistividad aparente es finita ya que ΔV en (3.5) decrece al mismo tiempo que a . Tendremos, pues,

$$\rho_a = \lim_{a \rightarrow 0} \pi \frac{L^2}{a} \frac{\Delta V}{I} = \pi \frac{L^2}{I} \lim_{a \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{a} = \pi \frac{L^2}{I} E \quad (3.13)$$

donde E es el campo eléctrico. La idea del dispositivo Schlumberger consiste, pues, en utilizar una distancia $MN=a$ muy corta, de tal modo que pueda tomarse como

válida la ecuación anterior. Los desarrollos teóricos se establecen suponiendo que lo que medimos realmente es el campo E , el cual en la práctica se toma igual a $\Delta V / a$.

Trabajar con el campo eléctrico reporta ventajas teóricas a la hora de trabajar con expresiones analíticas. El inconveniente es que la tensión diferencial medida disminuye linealmente con la separación a y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia L . además, la precisión de las mediciones geoeléctricas de campo está muy limitada por heterogeneidades irrelevantes del terreno (ruido geológico).

En ciertos casos, el electrodo B se lleva a gran distancia de los demás de modo que no influya sobre el valor del ΔV observado. Se tiene entonces el dispositivo denominado Schlumberger asimétrico, o semi-Schlumberger.

3.4.3 Dispositivo polo-dipolo

En este dispositivo el electrodo B se lleva a una gran distancia (teóricamente en el infinito) de los otros tres (Figura 3.5)

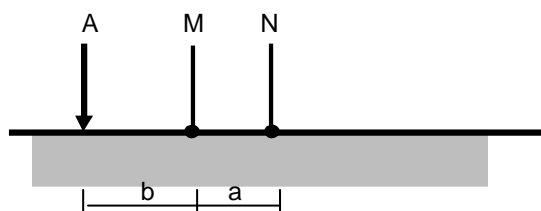


Figura 3.5. Dispositivo polo-dipolo

El factor geométrico del dispositivo en este caso es

$$g = 2\pi \frac{b(b+a)}{a} \quad (3.14)$$

Cuando $a \ll b$ este dispositivo es equivalente al semi-Schlumberger. Una variación del dispositivo polo-dipolo se obtiene moviendo uno de los electrodos de potencial, por ejemplo N, a un punto distante (teóricamente al infinito). En este caso el factor geométrico es

$$K = 2\pi b \quad (3.15)$$

que coincide con la expresión del dispositivo Wenner, por lo que también recibe el nombre de dispositivo half-Wenner (Telford, Geldart y Sheriff, 1990).

3.4.4 Dispositivo doble dipolo (axil)

En este dispositivo los electrodos se disponen sobre una línea en el orden ABMN formando así un doble dipolo (Figura 3.6). en América del Norte este dispositivo se denomina a veces dispositivo dipolo-dipolo. Realmente el dispositivo doble dipolo tiene diversas variantes (Orellana, 1982).

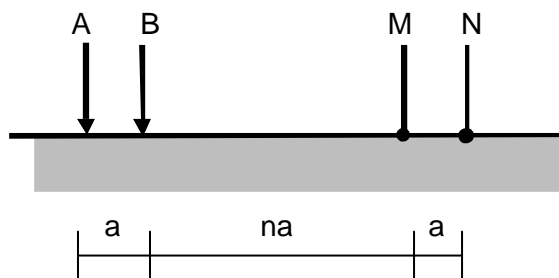


Figura 3.6. Dispositivo doble dipolo

El factor geométrico del dispositivo es en este caso

$$g = -\pi n(n+1)(n+2)a \quad (3.16)$$

Este dispositivo se implementa normalmente con $n \gg 1$ (entonces AB y MN se comportan como un dipolo de corriente y de tensión respectivamente), aunque muchos autores utilizan este dispositivo incluso con $n=1$.

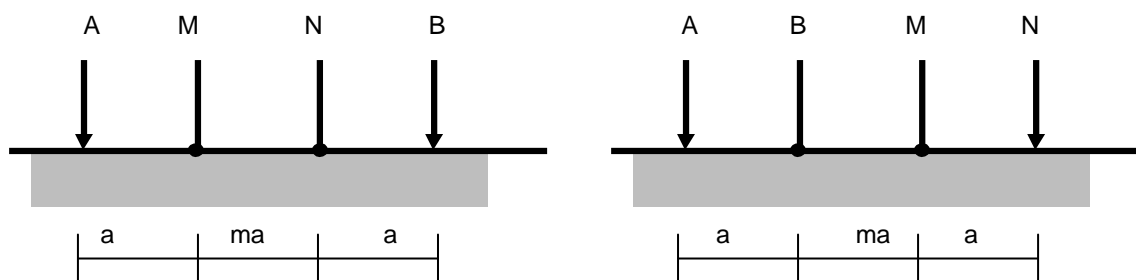
El factor geométrico cuando $n \gg 1$ se puede expresar como

$$g = -\pi n^3 a \quad (3.17)$$

El inconveniente es que el campo bipolar decrece con el cubo de la distancia entre los dipolos de corriente y tensión, por lo que necesita detectores más sensibles que los otros dispositivos.

3.4.5 Dispositivos Wenner α , β

La figura 3.7 muestra la disposición de electrodos en los dispositivos Wenner α y β , donde m es un número real positivo (Roy, 1972). Un caso particular del dispositivo α -Wenner son los dispositivos Wenner ($m=1$) y Schlumberger ($m \ll 1$). El dispositivo doble dipolo es un caso particular del β -Wenner cuando $m \gg 1$.

Figura 3.7. Dispositivos α -Wenner (izquierda) y β -Wenner (derecha).

3.5 Tipos de prospecciones geoelectricas

La finalidad de una prospección geoelectrica es conocer la forma, composición y dimensiones de estructuras o cuerpos inmersos en el subsuelo a partir de medidas en la superficie. Mediante la prospección geoelectrica conseguimos trazar una cartografía de resistividades aparentes del subsuelo que nos darán información sobre las estructuras que subyacen en él. Las prospecciones geoelectricas que se realizan se dividen generalmente en dos tipos:

- Sondeo eléctrico vertical (S.E.V.).
- Calicatas eléctricas (C.E.).

3.5.1 Sondeo eléctrico vertical

La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie. Se utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado (Figura 3.8)

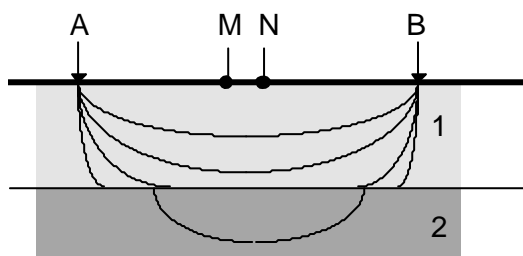


Figura 3.8. Principio del SEV. A medida que A y B se separan, la corriente va penetrando en las capas más profundas



La profundidad de penetración de la corriente eléctrica depende de la separación de los electrodos inyectores AB. Si la distancia entre los electrodos AB aumenta, la corriente circula a mayor profundidad pero su densidad disminuye. Para un medio isótropo y homogéneo, el 50% de la corriente circula por encima de la profundidad AB (Orellana, 1982). Sin embargo, no es posible fijar una profundidad límite por debajo de la cual el subsuelo no influye en el SEV, ya que la densidad de corriente disminuye de modo suave y gradual, sin anularse nunca. Podría pensarse que la penetración es proporcional a AB. Sin embargo esto no es cierto en general puesto que lo dicho sólo es válido para un subsuelo homogéneo.

Durante mucho tiempo, en prospección geoelectrica en corriente continua, la profundidad de investigación ha sido considerada sinónimo de la profundidad de penetración de la corriente. Sin embargo, el efecto de una capa en los potenciales o campos observados en superficie no depende únicamente de la densidad de corriente que la atraviesa. Roy y Apparao (1971) definen la profundidad de investigación característica como la profundidad a la que una capa delgada de terreno (paralela a la superficie) contribuye con participación máxima a la señal total medida en la superficie del terreno. Los autores indican que la profundidad de investigación viene determinada por los electrodos inyectores y detectores, y no solo por la penetración o distribución de la corriente. Esto queda claro con un ejemplo: si se intercambian entre sí las posiciones de los electrodos de potencial con los de corriente, la distribución de las líneas cambia. Sin embargo, en virtud del principio de reciprocidad, la resistividad aparente y por tanto la profundidad no cambian. Definiendo L como la distancia entre los dos electrodos extremos (sin considerar los situados en el infinito), los mismos autores determinan la profundidad de investigación de diversos dispositivos electródicos en un suelo homogéneo, siendo para el dispositivo polo-polo de $0.35L$, para Schlumberger de $0.125L$ y para Wenner de $0.11L$. Edwards (1977) sugiere que un valor más útil puede ser la profundidad a la cual la mitad de la señal medida en la superficie es debida a la porción de suelo inferior. Barker (1989) la define como la profundidad de investigación efectiva, y muestra con ejemplos la mayor utilidad de ésta sobre la utilizada por Roy y Apparao (1971). Las profundidades de investigación efectiva para los dispositivos Wenner, Schlumberger y doble dipolo son respectivamente de $0.17L$, $0.19L$ y $0.25L$ (para este último la profundidad de investigación característica es de $0.195L$), es decir ligeramente mayores que utilizando la definición de profundidad de investigación característica.

Experimentalmente, el SEV consiste en aumentar progresivamente la distancia entre los electrodos manteniendo un punto central fijo (punto de sondeo P). Ahora veremos cómo se aplica a los diferentes dispositivos.

3.5.1.1 Sondeo Wenner

Dado el dispositivo Wenner AMNB con separación interelectródica a , el sondeo consiste en el aumento progresivo del valor de a manteniendo un punto central fijo P (Figura 3.9). para la representación de los datos se muestra en ordenadas el valor de la resistividad aparente medida, ρ_a , en ohms·m, y en abscisas el valor de a en metros para cada paso.

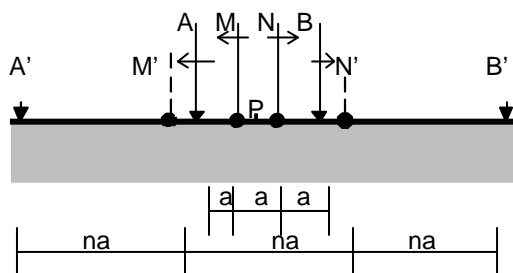


Figura 3.9. Sondeo Wenner. La distancia interelectródica pasa de a (AMNB) a na (A'M'N'B').

3.5.1.2 Sondeo Schlumberger

Dado el dispositivo Schlumberger AMNB con $AB \gg MN$, el sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectoros A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo P (Figura 2.10). La representación de este sondeo muestra en ordenadas ρ_a ($\Omega \cdot m$) y en abscisas la distancia $AB/2$ (m). En este sondeo el efecto de las heterogeneidades irrelevantes es menor pues sólo se mueven el par de electrodos inyectoros A y B.

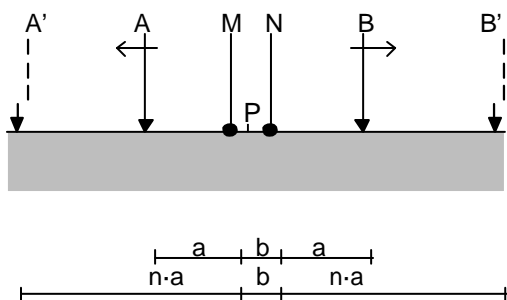


Figura 3.10. Sondeo Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos.

3.5.1.3 Sondeo dipolar

Dado el dispositivo doble dipolo ABMN, el sondeo consiste en la separación creciente de los centros de los dipolos respecto a un punto fijo origen P (Figura 3.11). La representación de este sondeo muestra en ordenadas ρ_a ($\Omega \cdot m$) y en abscisas la separación de los centros de los dipolos en metros.

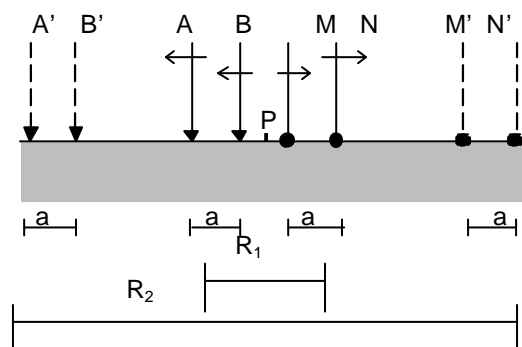


Figura 3.11. Sondeo dipolar. Los dipolos se mantienen, aumentando la separación entre ellos.

Efectos laterales en el SEV y ambigüedades en su interpretación

Si el dispositivo electródico está próximo a un contacto vertical, las líneas de corriente serán distorsionadas por lo que ΔV_{MN} se verá afectado por el otro medio, tanto más cuanto mayor sea la separación de los electrodos AB. Por lo tanto, la medida de la resistividad aparente en un SEV está influida por la distribución de resistividades en un cierto volumen de terreno. Esto implica que para distancias AB grandes no se sabrá si la resistividad aparente es debida a cambios de estructuras en la profundidad o a las heterogeneidades laterales por contraste de resistividades (Orellana, 1982).

Puede ocurrir que las curvas de resistividad aparente para dos casos diferentes de SEV sean idénticas si la relación entre profundidad a la que se encuentra un estrato y su resistividad permanece constante, lo que provoca una ambigüedad en la deducción del grosor de la capa y su resistividad.

Aplicaciones

El SEV es aplicable cuando el objetivo tiene una posición horizontal y una extensión mayor que su profundidad. Tal es el caso del estudio de capas tectónicas, hidrológicas, etc. También es adecuado para trabajar a poca profundidad sobre topografías suaves como complemento de las calicatas eléctricas, con el objetivo de decidir la profundidad a la cual realizar el perfil de resistividades, como ocurre por



ejemplo en arqueología. El SEV no es adecuado para contactos verticales, fallas, diques, etc.

3.5.2 Calicatas eléctricas

La finalidad de las calicatas eléctricas (CE) es obtener un perfil de las variaciones laterales de la resistividad del subsuelo fijada una profundidad de investigación. Esto lo hace adecuado para la detección de contactos verticales, cuerpos y estructuras que se presentan como heterogeneidades laterales de resistividad. (Orellana, 1982) resalta que la zona explorada en el calicateo eléctrico se extiende desde la superficie hasta una profundidad más o menos constante, que es función tanto de la separación entre electrodos como de la distribución de resistividades bajo ellos.

Experimentalmente, la CE consiste en trasladar los cuatro electrodos del dispositivo a lo largo de un recorrido, manteniendo su separación, obteniéndose un perfil de resistividades aparentes a lo largo de aquél.



4. DATOS

4.1 Condiciones para la toma de datos

Para realizar las diferentes medidas necesarias para el estudio deben darse en el terreno unas condiciones determinadas. Puesto que el método elegido es el método Wenner y tratando de hallar valores suficientemente representativos, la forma de proceder ha sido la siguiente:

Con ayuda del mapa perteneciente a la publicación del Gobierno de Navarra, Mapa geológico de Navarra (1997), tratamos de situar un punto perteneciente a una unidad cartográfica considerada interesante para el desarrollo del proyecto. Dicho punto preferiblemente debe tratarse de un lugar llano y en una unidad cartográfica bien determinada, es decir, que no se encuentre cerca de la frontera de esta unidad con otra.

Una vez determinada la población o zona donde se va a realizar la medida, procedemos a desplazarnos a ella por carretera. Encontrándonos en el lugar buscamos un punto propicio intentando que tenga las mejores condiciones de humedad e inclinación.

La importancia de la inclinación viene dada porque no se realiza una única medida en el punto, sino que tomando el punto como intersección de las dos rectas con dirección Norte-Sur y Este-Oeste respectivamente se procede a realizar una medida cada metro de distancia hasta diez metros. Cada resultado mostrado por el terulómetro es la media de cinco medidas realizadas internamente por el propio aparato. El resultado es anotado en el cuaderno de campo.

4.1.1 Problemas hallados en la toma de datos

- Dificultad en encontrar emplazamientos sin pendientes importantes y suficiente extensión.
- Sistema de referencia del GPS diferente al utilizado por el SITNA, Sistema de Información Territorial de Navarra. Para solucionarlo se procedió a cambiar el sistema de referencia del GPS.
- Problemas con la humedad, ya que en algunos casos era excesiva.
- Dependencia de las condiciones climatológicas.
- Dificultad de detección de las unidades cartográficas.

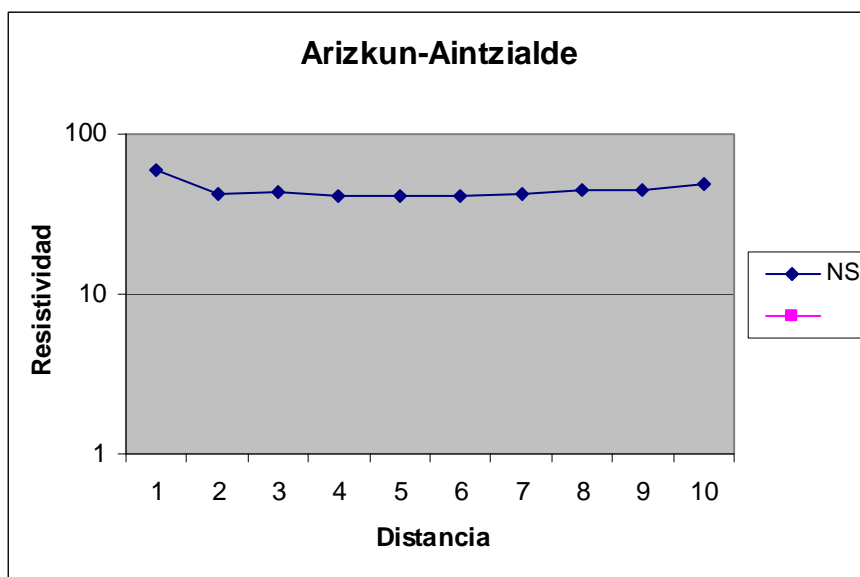


4.2 Paleozoico

Arizkun-Aintzialde w

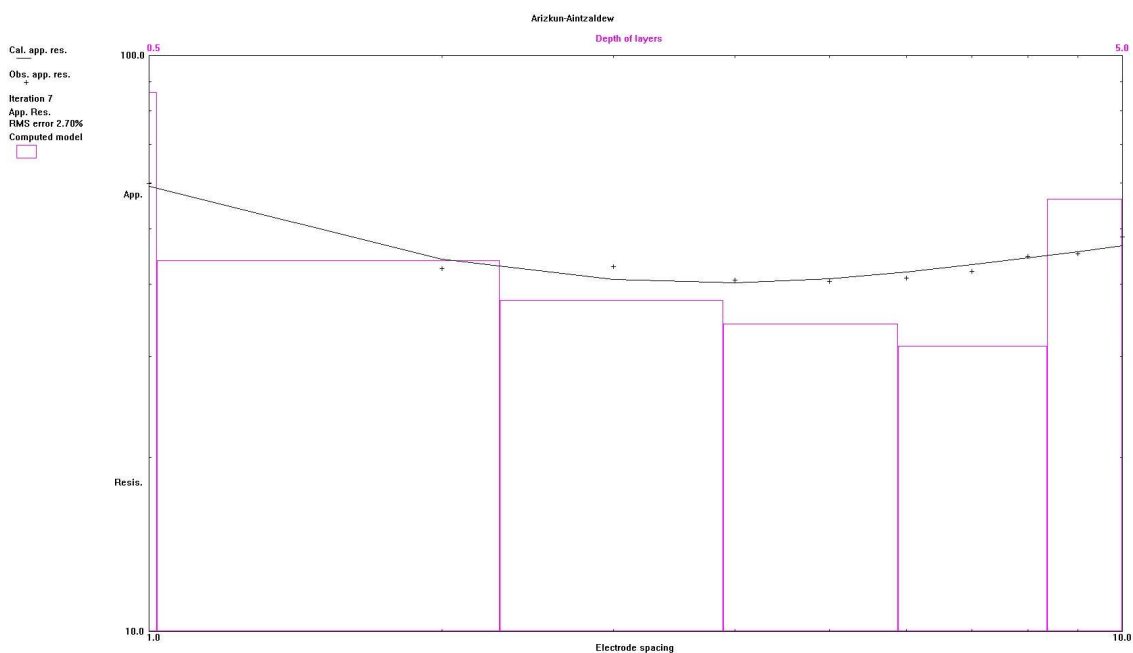
Fecha 17 de marzo de 2010
 Hora 1205
 Lugar Arizkun-Aintzialde
 Unidad cartográfica w
 Coord. 623086 4780834 Error 3 m

Orientación	NS	
Distancia	Resistencia	Resistividad
1	9,54	59,941588
2	3,39	42,599996
3	2,28	42,976988
4	1,62	40,715041
5	1,29	40,526545
6	1,09	41,092032
7	0,96	42,223005
8	0,89	44,736279
9	0,8	45,238934
10	0,77	48,380527

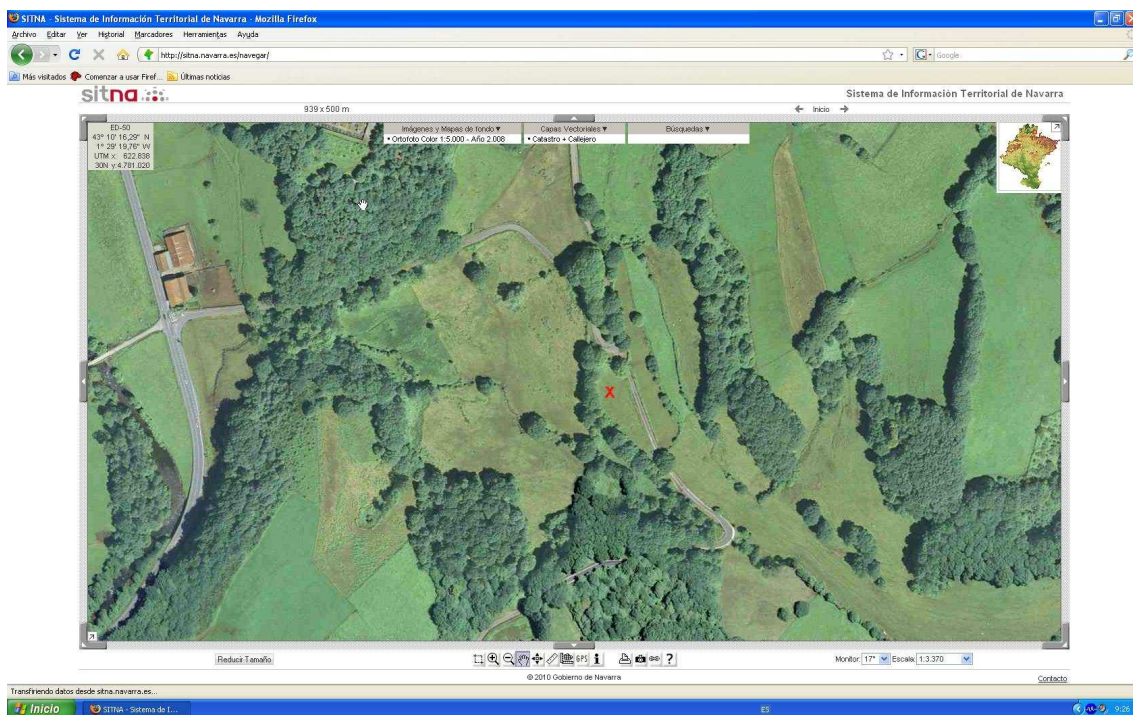




Gráfica RES1D



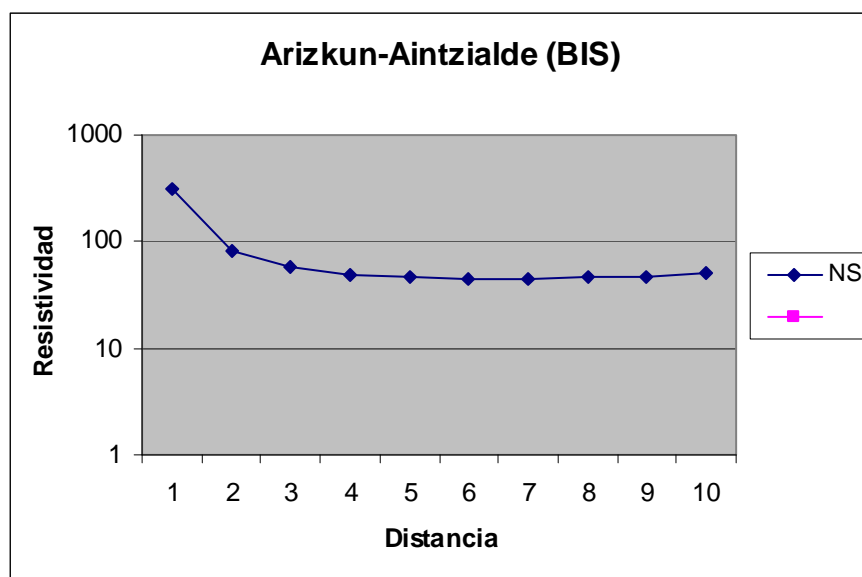
Localización SITNA



Arizkun-Aintzialde w

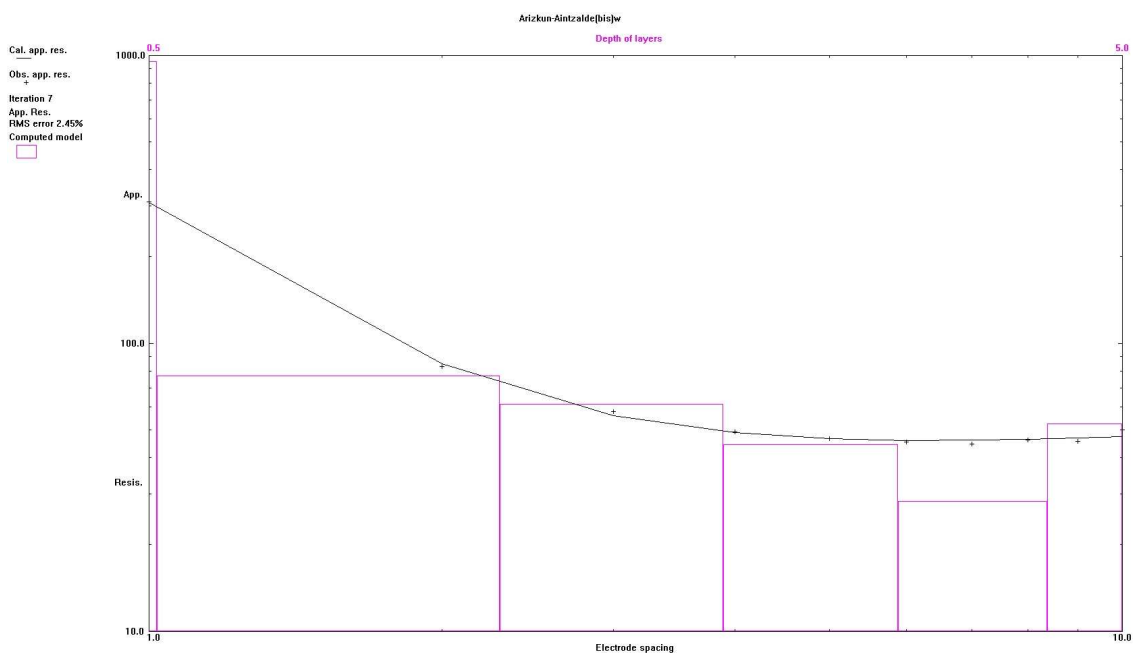
Fecha 17 de marzo de 2010
 Hora 1225
 Lugar Arizkun-Aintzialde
 Unidad cartográfica w
 Coord. 623084 4780830 Error 4 m

Orientación	NS	
Distancia	Resistencia	Resistividad
1	49,4	310,38935
2	6,61	83,06371
3	3,07	57,868137
4	1,96	49,260173
5	1,49	46,809731
6	1,21	45,615925
7	1,02	44,861943
8	0,92	46,244244
9	0,81	45,804421
10	0,8	50,265482

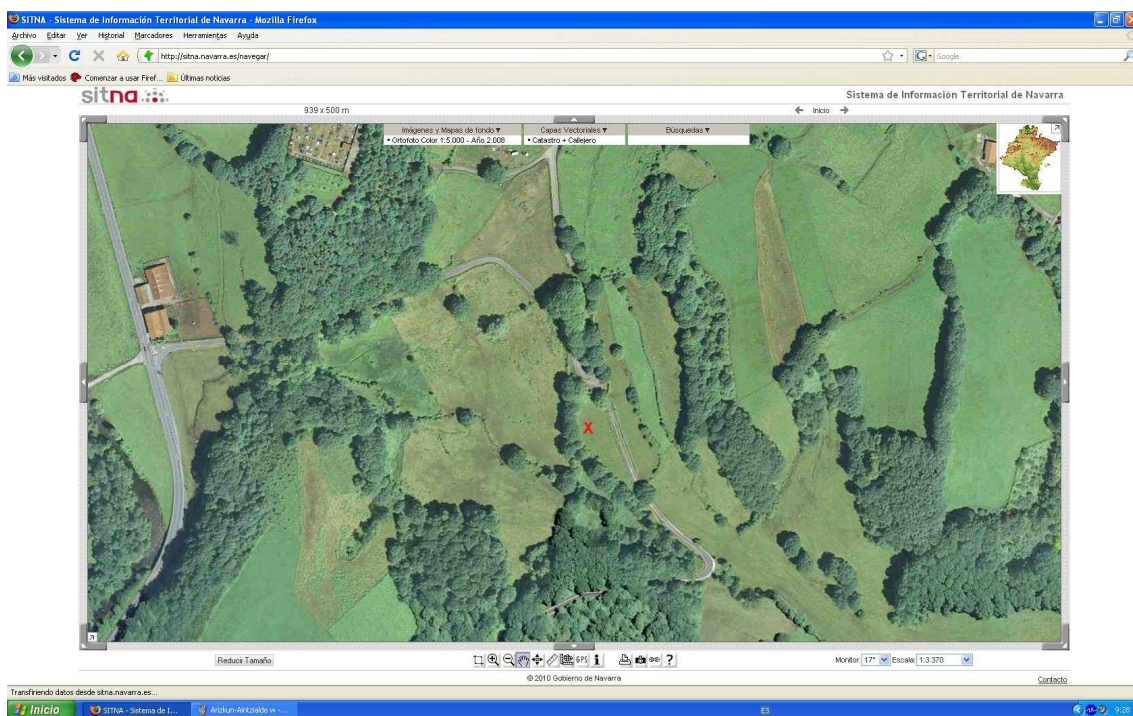




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Ariztegi w

Fecha 2 de febrero de 2010

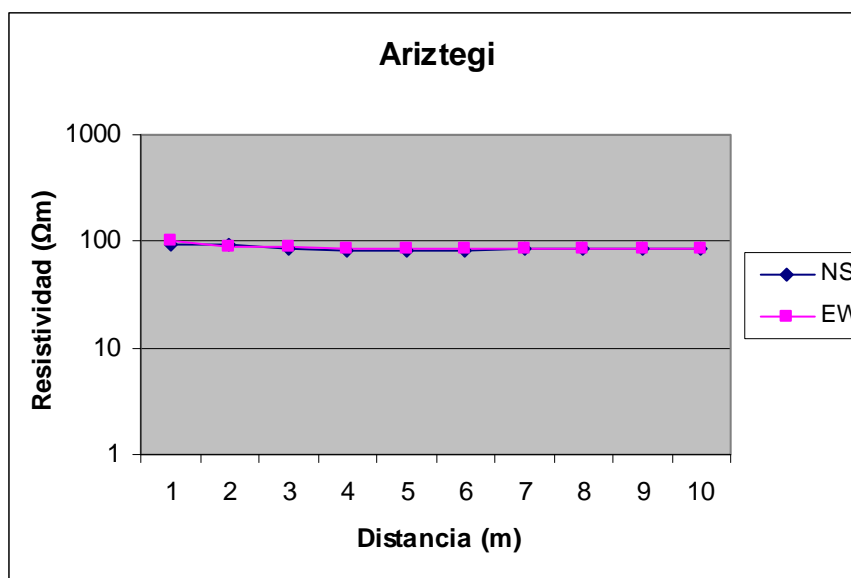
Hora 13:18

Lugar Ariztegi

Unidad cartográfica w

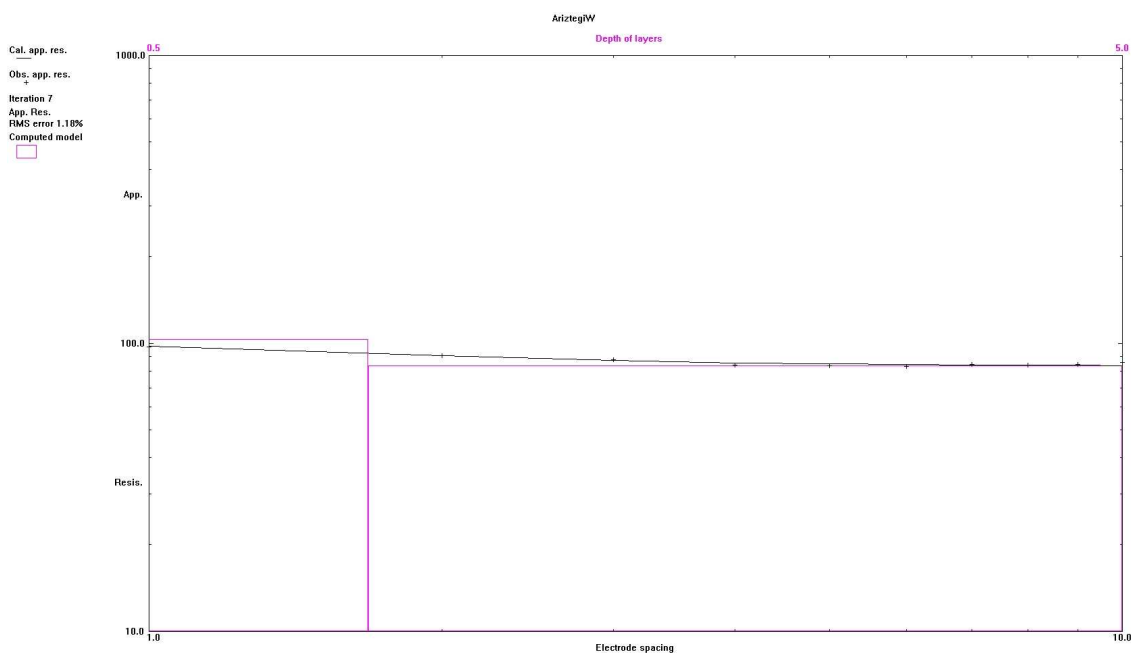
Coord. 619704 4776877 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	15	94,24778	1	15,98	100,4053	97,32654041
2	7,34	92,23716	2	7,1	89,221231	90,72919584
3	4,59	86,519462	3	4,72	88,969904	87,74468281
4	3,31	83,189373	4	3,39	85,199993	84,19468312
5	2,6	81,681409	5	2,72	85,45132	83,56636459
6	2,17	81,807073	6	2,25	84,823002	83,31503717
7	1,91	84,006188	7	1,93	84,885833	84,44601053
8	1,67	83,943356	8	1,67	83,943356	83,9433557
9	1,5	84,823002	9	1,49	84,257515	84,54025831
10	1,36	85,45132	10	1,37	86,079639	85,76547944

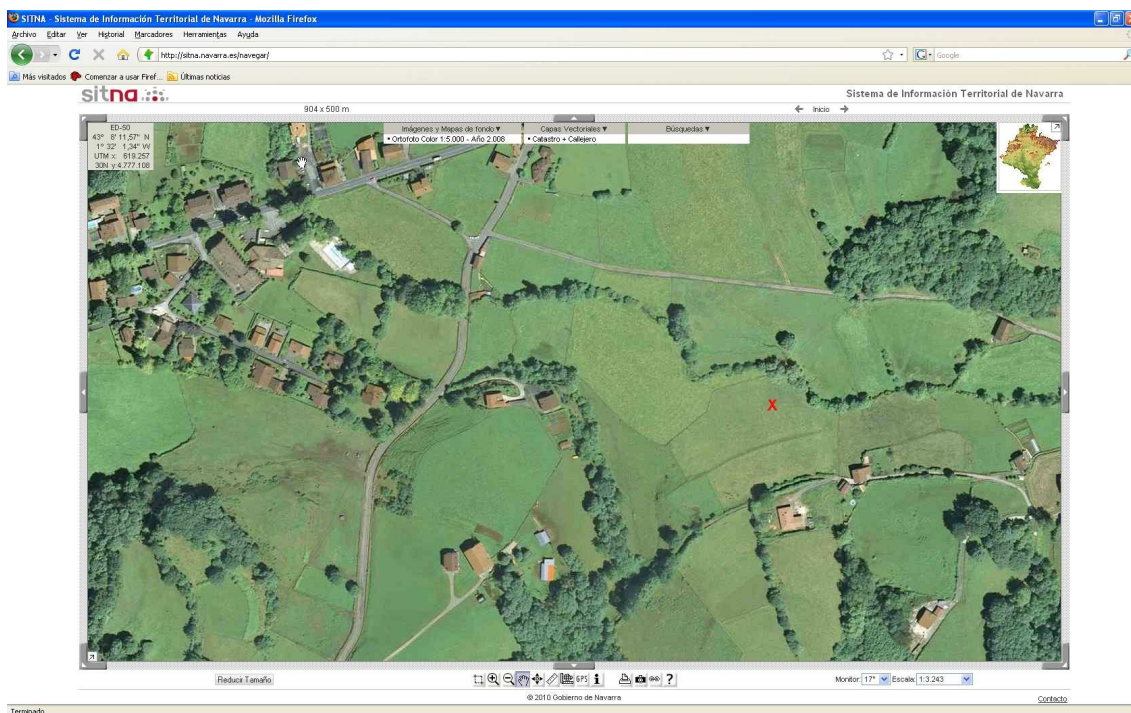




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Ziga w

Fecha 17 de marzo de 2010

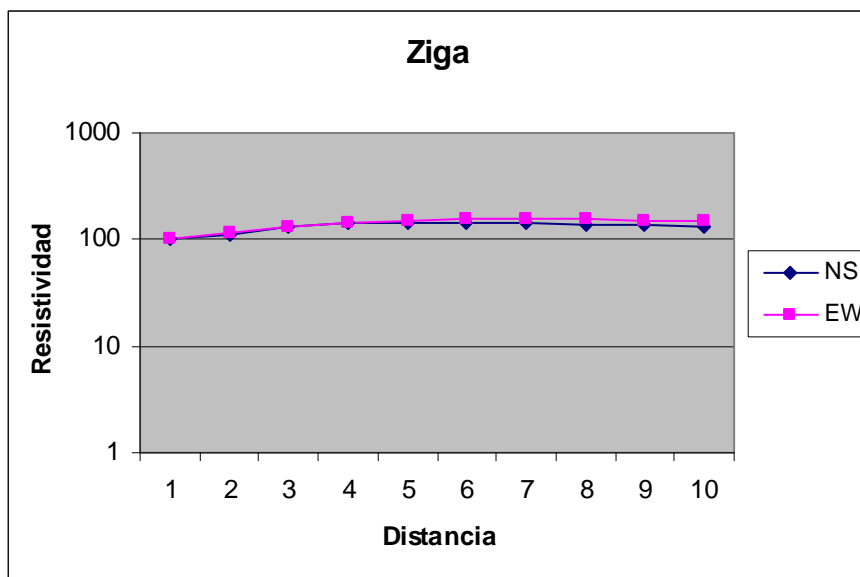
Hora 1018

Lugar Ziga

Unidad cartográfica w

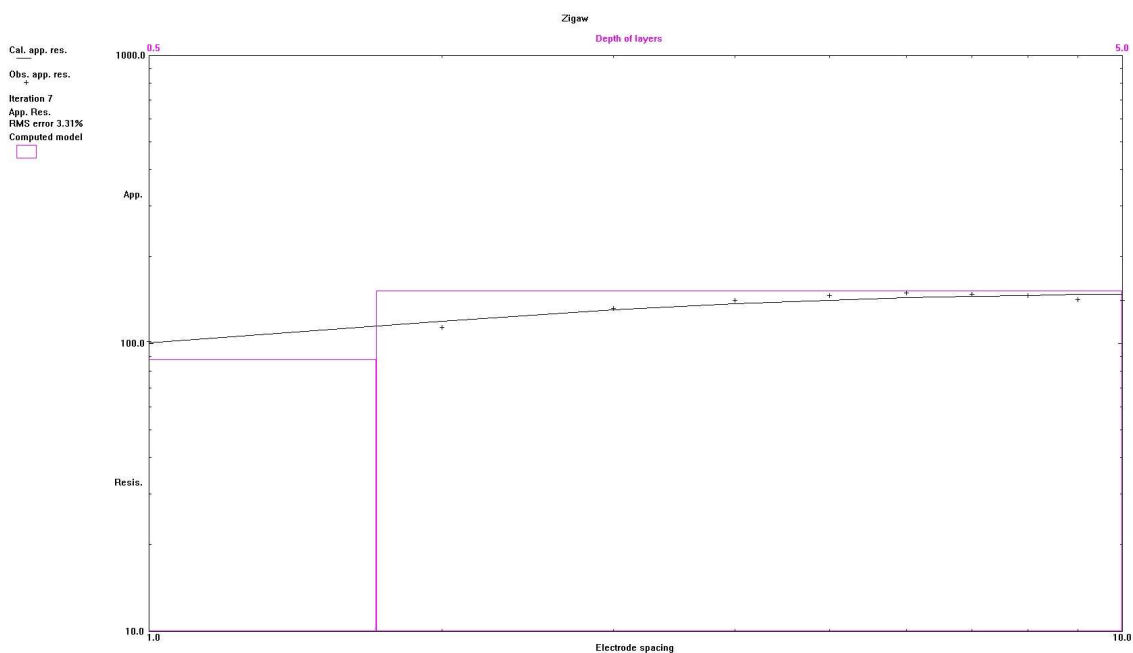
Coord. 616253 4775697 Error 3 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	16,23	101,9761	1	16,04	100,78229	101,3791949
2	8,97	112,72034	2	9,16	115,10795	113,9141496
3	6,96	131,19291	3	7,08	133,45486	132,3238826
4	5,63	141,49733	4	5,61	140,99468	141,2460057
5	4,59	144,1991	5	4,76	149,53981	146,8694566
6	3,85	145,14158	6	4,09	154,18937	149,665474
7	3,25	142,94247	7	3,49	153,49822	148,2203414
8	2,77	139,23539	8	3,05	153,30972	146,272554
9	2,38	134,58583	9	2,64	149,28848	141,9371561
10	2,09	131,31857	10	2,4	150,79645	141,0575101

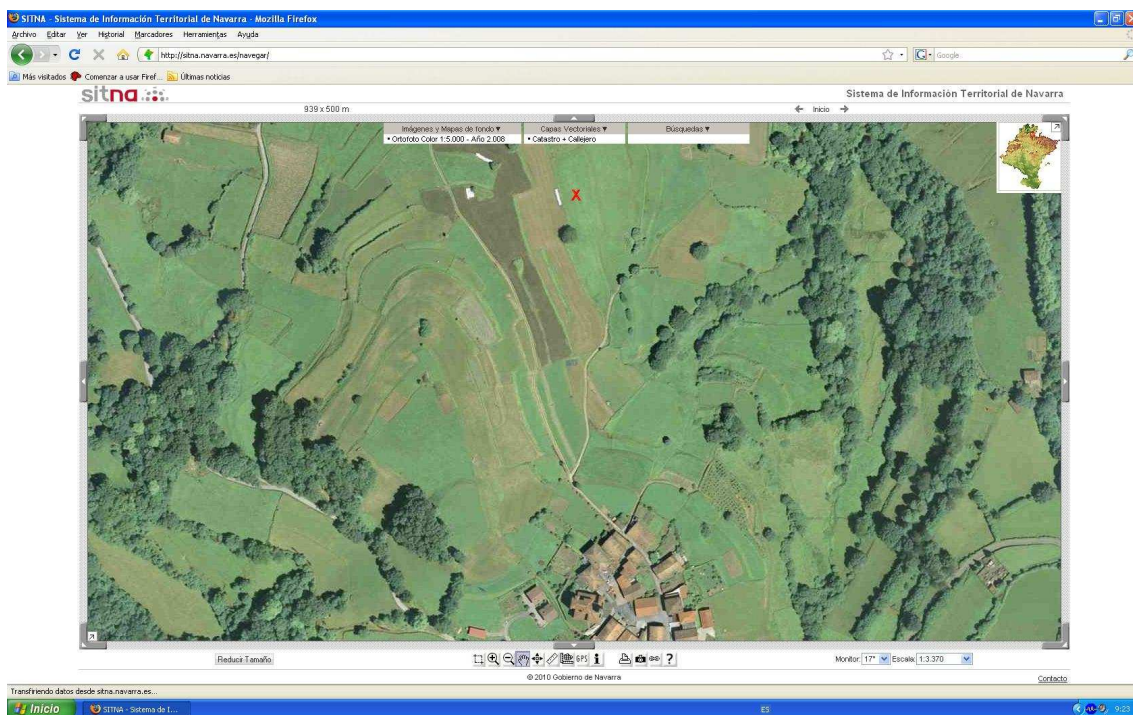




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Sorogain 8**

Fecha 27 de oct. de 2009

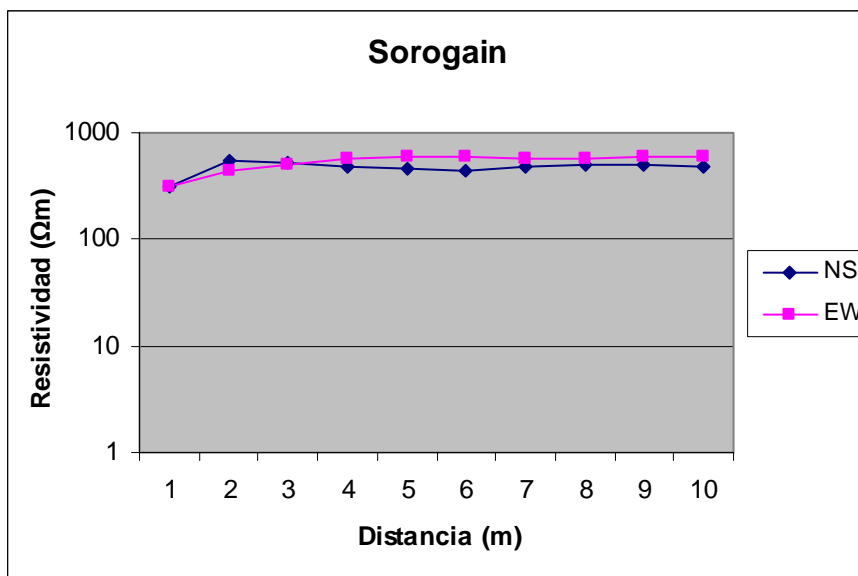
Hora 12:10

Lugar Sorogain

Unidad cartográfica 8

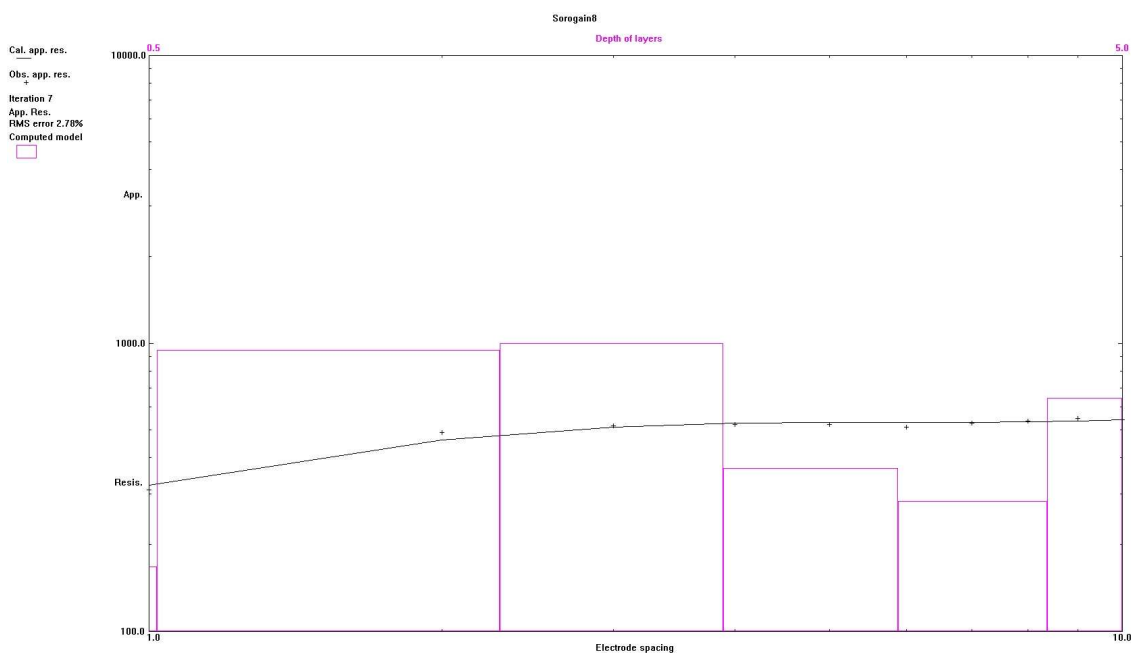
Coord. 629669 4763249 Error 5m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	49,3	309,76104	1	49,5	311,01767	310,3893542
2	43	540,35394	2	35	439,82297	490,088454
3	28,1	529,67252	3	27	508,93801	519,3052656
4	18,94	476,01412	4	22,8	573,0265	524,5203094
5	14,53	456,47341	5	18,77	589,67694	523,0751768
6	11,62	438,06368	6	15,6	588,10614	513,0849122
7	10,95	481,60615	7	13,18	579,68668	530,6464151
8	9,86	495,61766	8	11,56	581,06898	538,3433171
9	8,73	493,66987	9	10,76	608,46367	551,0667674
10	7,79	489,46014	10	9,56	600,67252	545,0663254

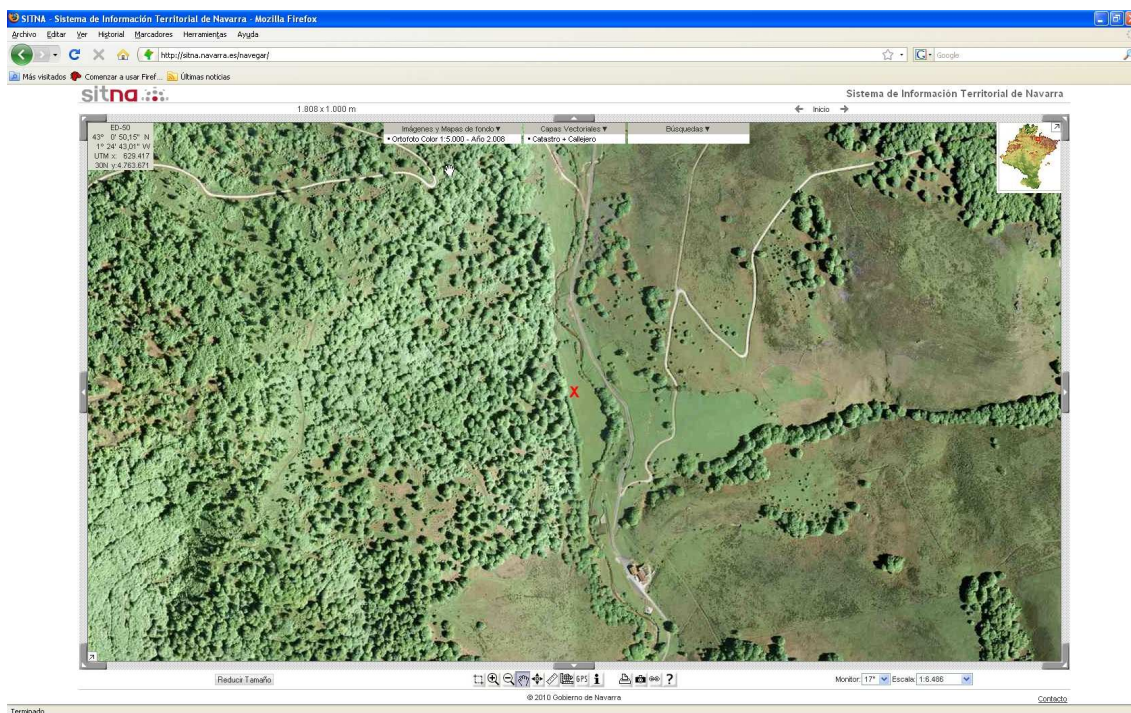




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Arantza-Igantzi 28

Fecha 24 de noviembre de 2009

Hora 12:10

Lugar Arantza-Igantzi

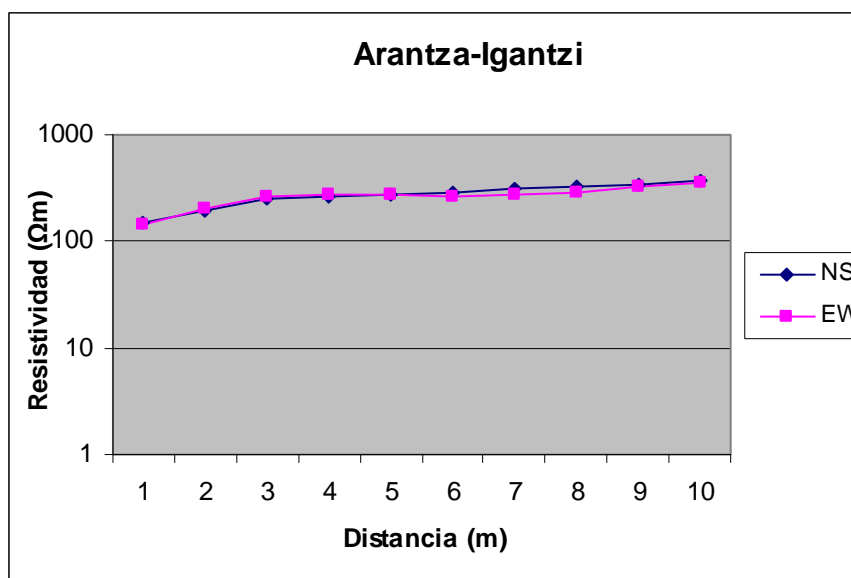
Unidad cartográfica 28

Coord. 604833 4784864 Error 12 m

Orientación NS

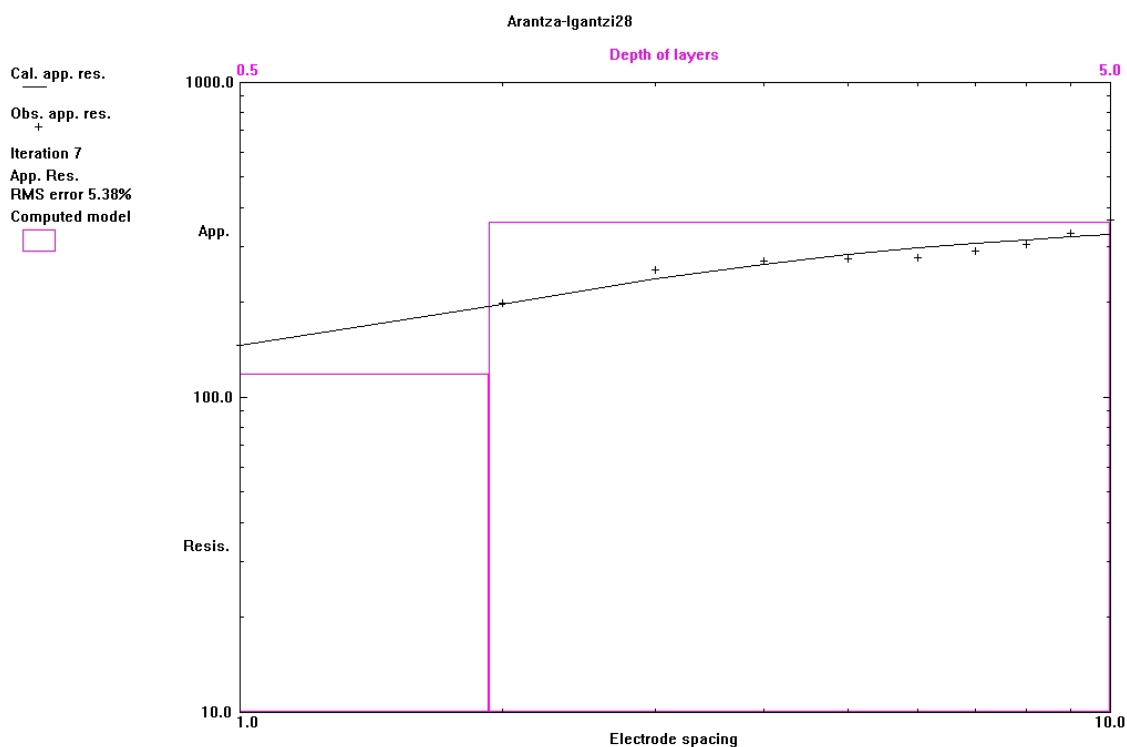
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	24,1	151,42477	1	22,4	140,74335	146,0840584
2	15,49	194,65308	2	16,23	203,9522	199,3026379
3	13,28	250,3221	3	13,64	257,10794	253,7150227
4	10,65	267,66369	4	10,92	274,44953	271,0566142
5	8,89	279,28759	5	8,68	272,69024	275,9889146
6	7,66	288,7752	6	7,06	266,15573	277,4654632
7	7	307,87608	7	6,23	274,00971	290,9428956
8	6,42	322,7044	8	5,72	287,51856	305,1114785
9	6,12	346,07785	9	5,66	320,06546	333,0716531
10	5,99	376,3628	10	5,7	358,14156	367,2521812

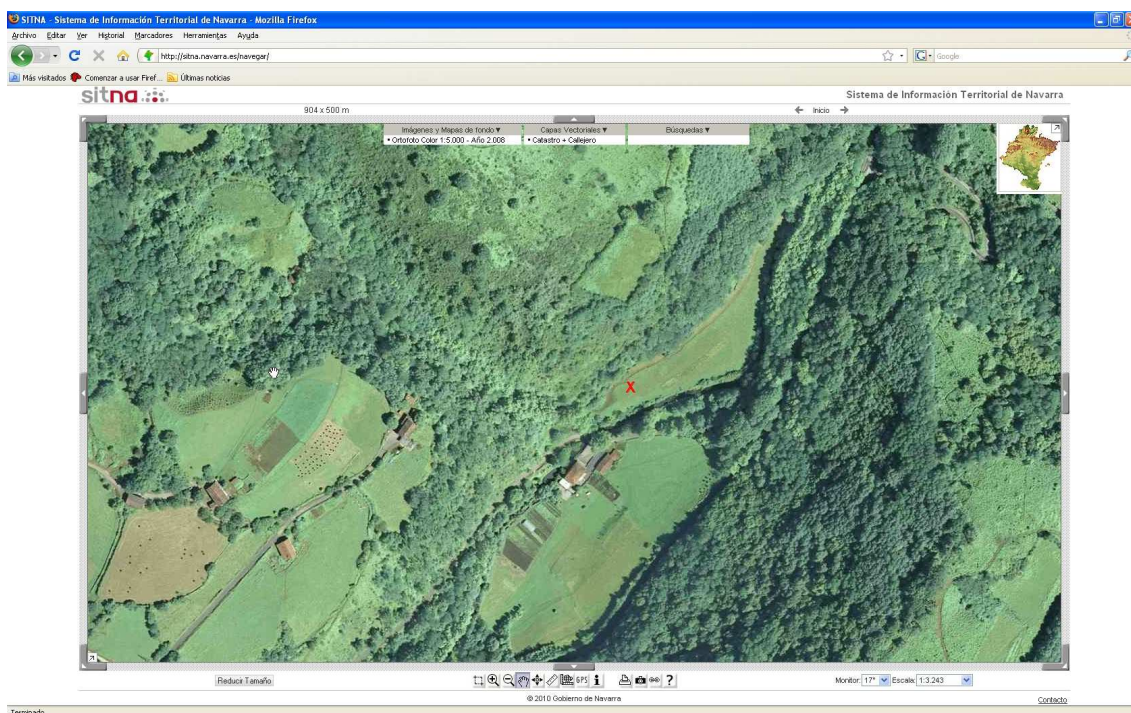




Gráfica RES1D



Localización SITNA





4.3 Triásico

Aurtitz 33

Fecha 24 de noviembre de 2009

Hora 10:30

Lugar Aurtitz

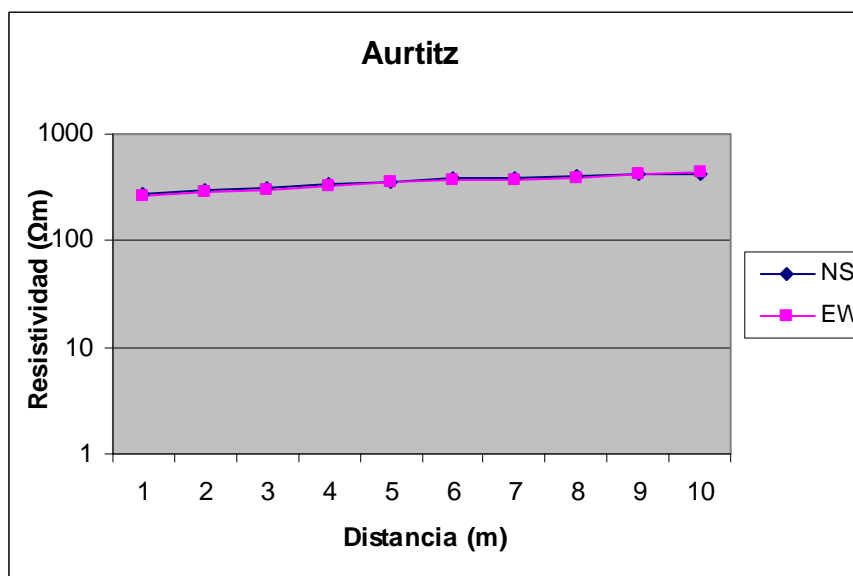
Unidad cartográfica 33

Coord. 604151 4776784 Error 3 m

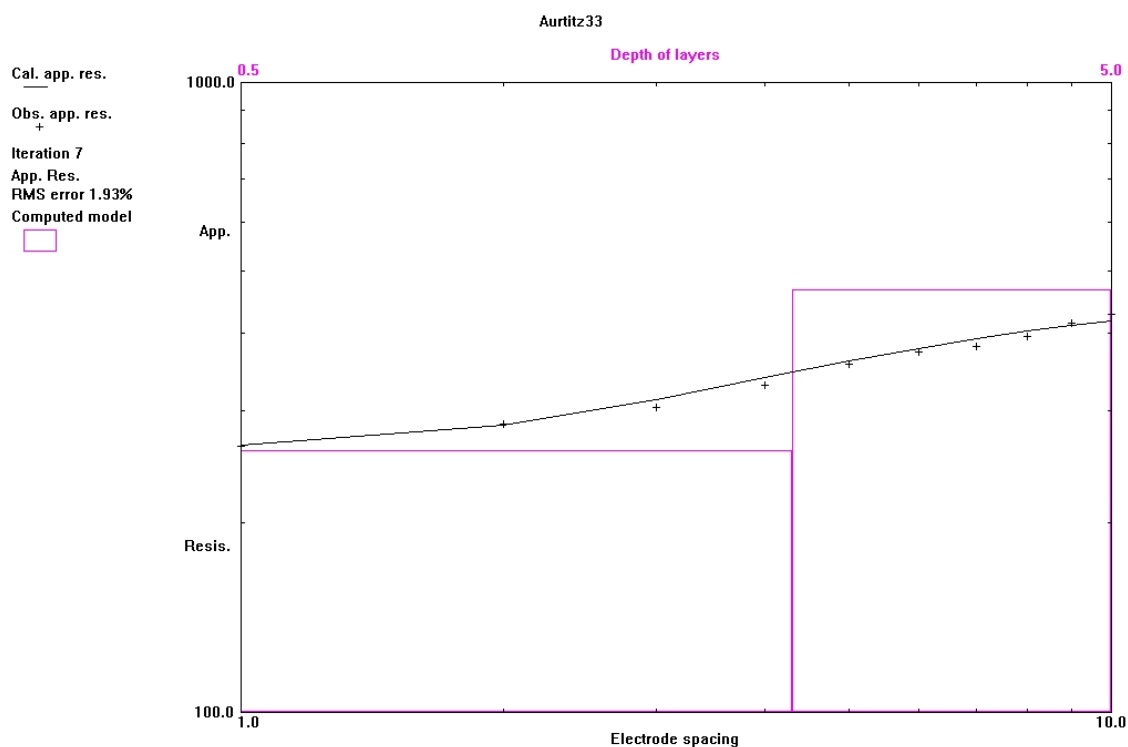
Orientación NS

Orientación EW

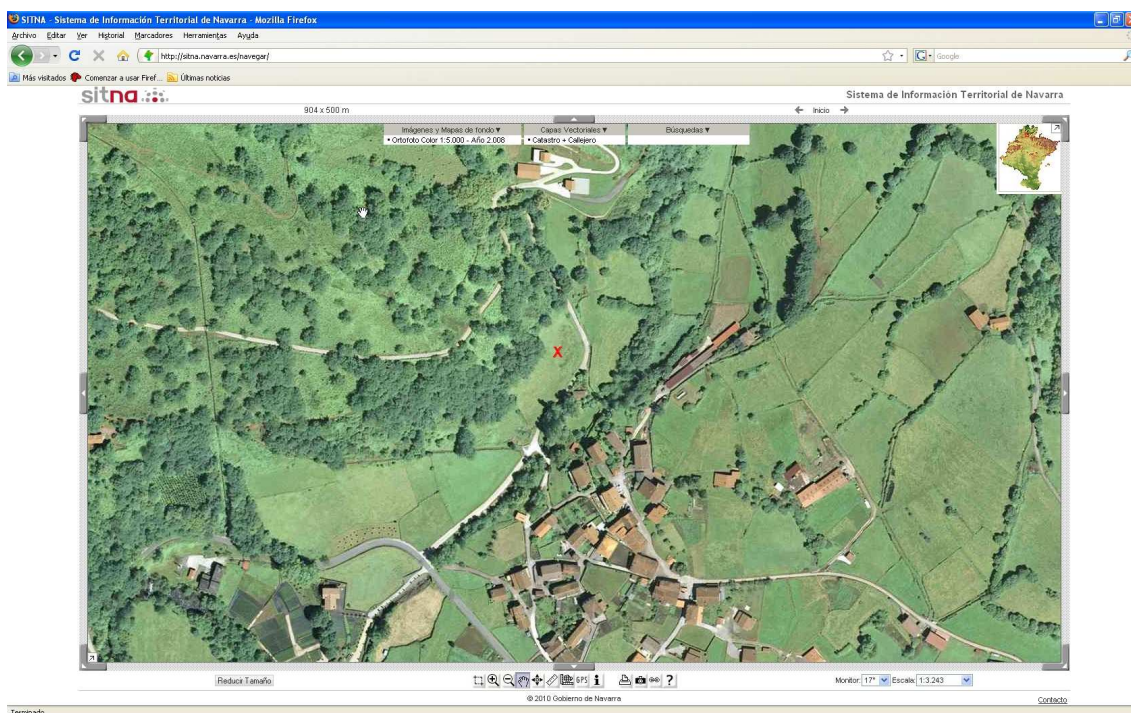
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	43,1	270,80529	1	41,1	258,238916	264,5221014
2	23,3	292,79644	2	22,3	280,230065	286,51325
3	16,26	306,49378	3	16,13	304,043337	305,2685581
4	13,33	335,01944	4	12,99	326,474309	330,7468746
5	11,46	360,02652	5	11,25	353,429174	356,7278458
6	10,08	380,00705	6	9,71	366,058376	373,0327117
7	8,87	390,12298	7	8,44	371,210588	380,6667818
8	8,04	404,13448	8	7,7	387,044215	395,5893469
9	7,32	413,93625	9	7,34	415,067221	414,5017347
10	6,73	422,85837	10	6,93	435,424742	429,1415565



Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Iñarbil de Erratzu 33**

Fecha 2 de febrero de 2010

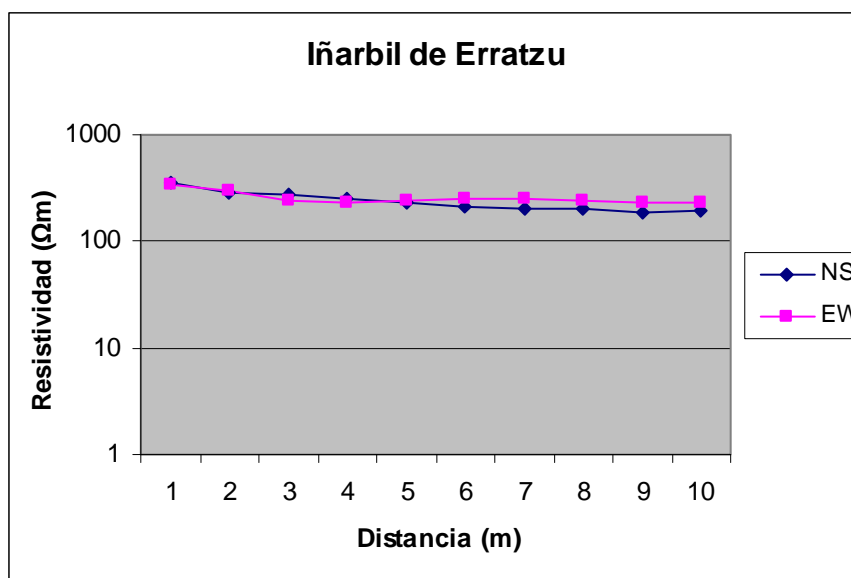
Hora 10:35

Lugar Iñarbil de Erratzu

Unidad cartográfica 33

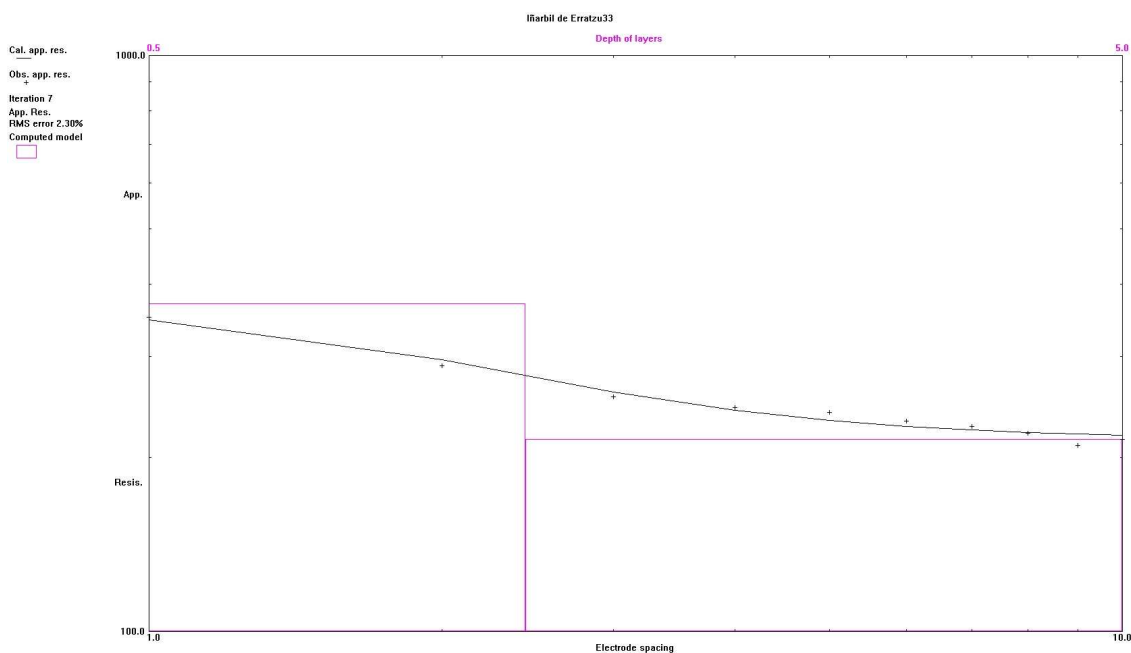
Coord. 626090 4781633 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	56,8	356,88493	1	54,9	344,94687	350,9158994
2	22,7	285,25661	2	23,3	292,79644	289,0265241
3	14,48	272,94157	3	12,64	238,25839	255,5999783
4	10,2	256,35396	4	9,29	233,48317	244,9185633
5	7,49	235,30529	5	7,81	245,35839	240,331838
6	5,56	209,60706	6	6,75	254,469	232,0380334
7	4,63	203,63804	7	5,69	250,25927	226,9486533
8	4,02	202,06724	8	4,77	239,76635	220,9167954
9	3,35	189,43804	9	4,1	231,84954	210,6437874
10	3,13	196,6637	10	3,74	234,99113	215,8274153

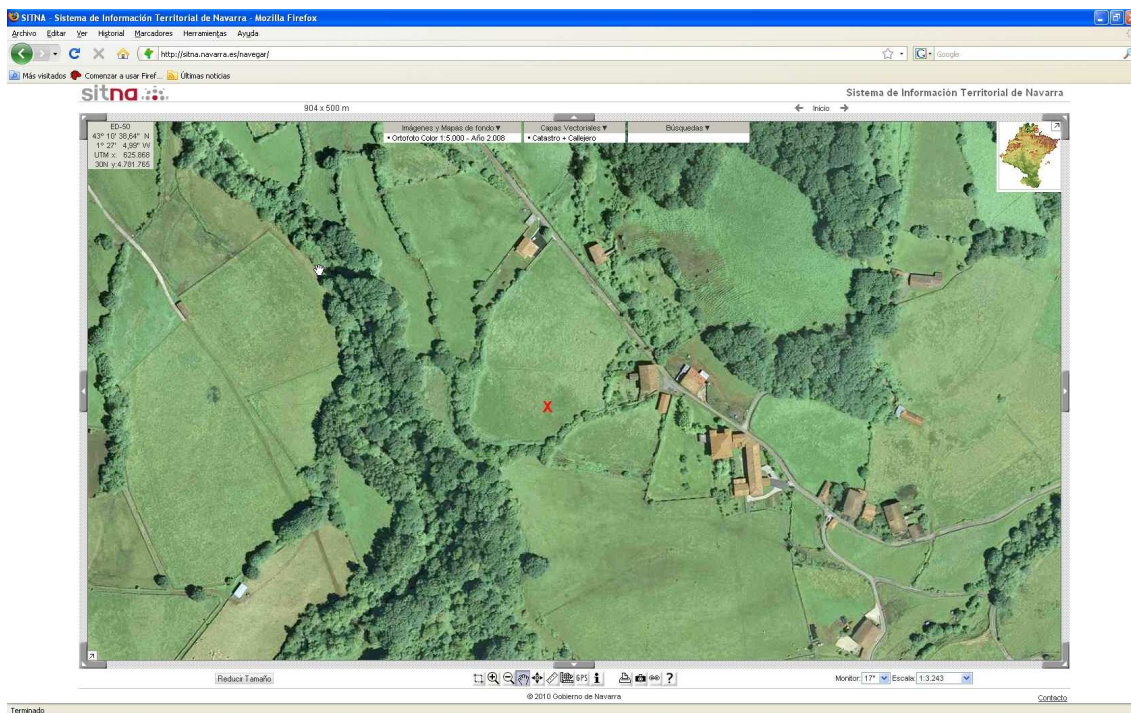




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Igúzquiza 36**

Fecha 16 de nov de 2009

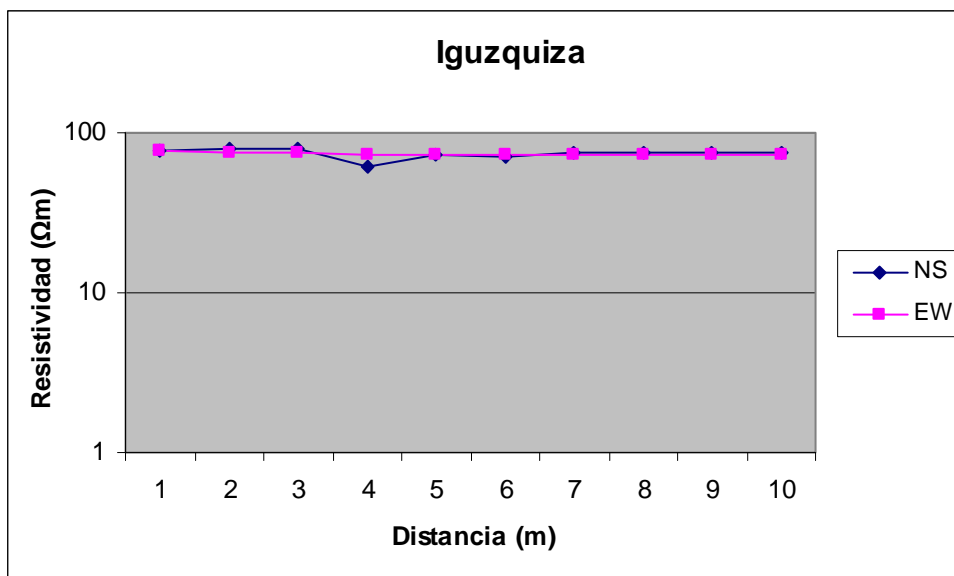
Hora 16:50

Lugar Igúzquiza

Unidad cartográfica 36

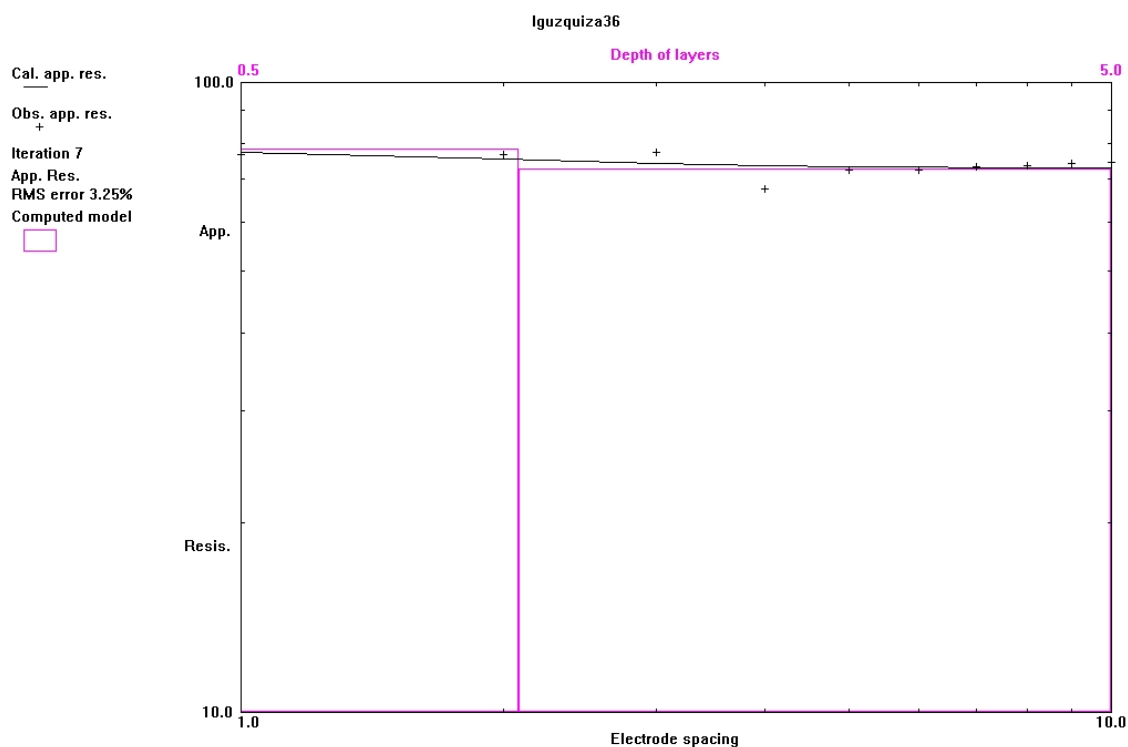
Coord. 575245 4722541 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	12,13	76,215038	1	12,35	77,5973385	76,90618816
2	6,25	78,539816	2	5,99	75,27256	76,90618816
3	4,27	80,487604	3	3,94	74,2672503	77,37742706
4	2,46	61,826543	4	2,93	73,6389318	67,73273761
5	2,31	72,57079	5	2,32	72,8849496	72,72786993
6	1,9	71,628313	6	1,95	73,5132681	72,5707903
7	1,69	74,330082	7	1,65	72,5707903	73,45043624
8	1,5	75,398224	8	1,44	72,3822947	73,89025921
9	1,34	75,775215	9	1,29	72,9477814	74,36149811
10	1,21	76,026542	10	1,17	73,5132681	74,76990516

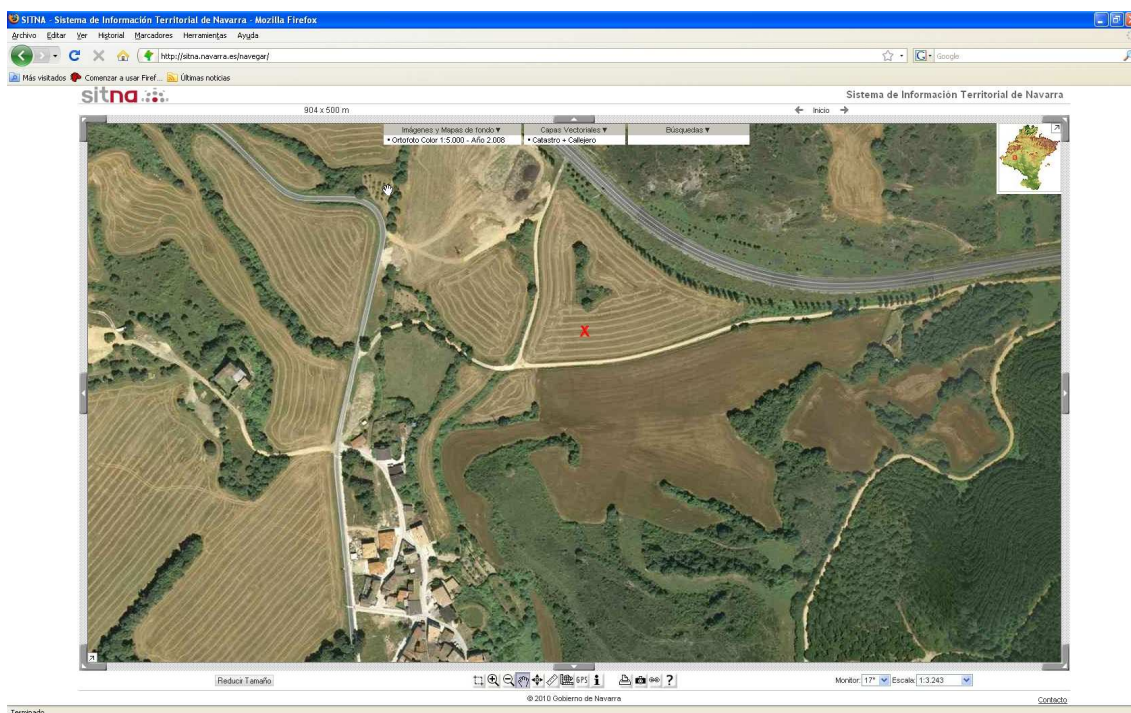




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Lorca 36

Fecha 17 de nov de 2009

Hora 10:20

Lugar Lorca

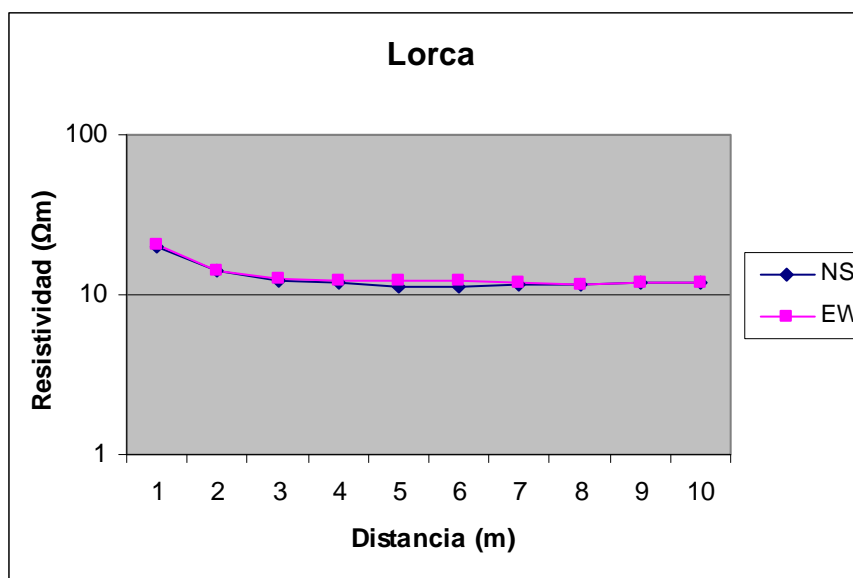
Unidad cartográfica 36

Coord. 586263 4724886 Error 15 m

Orientación NS

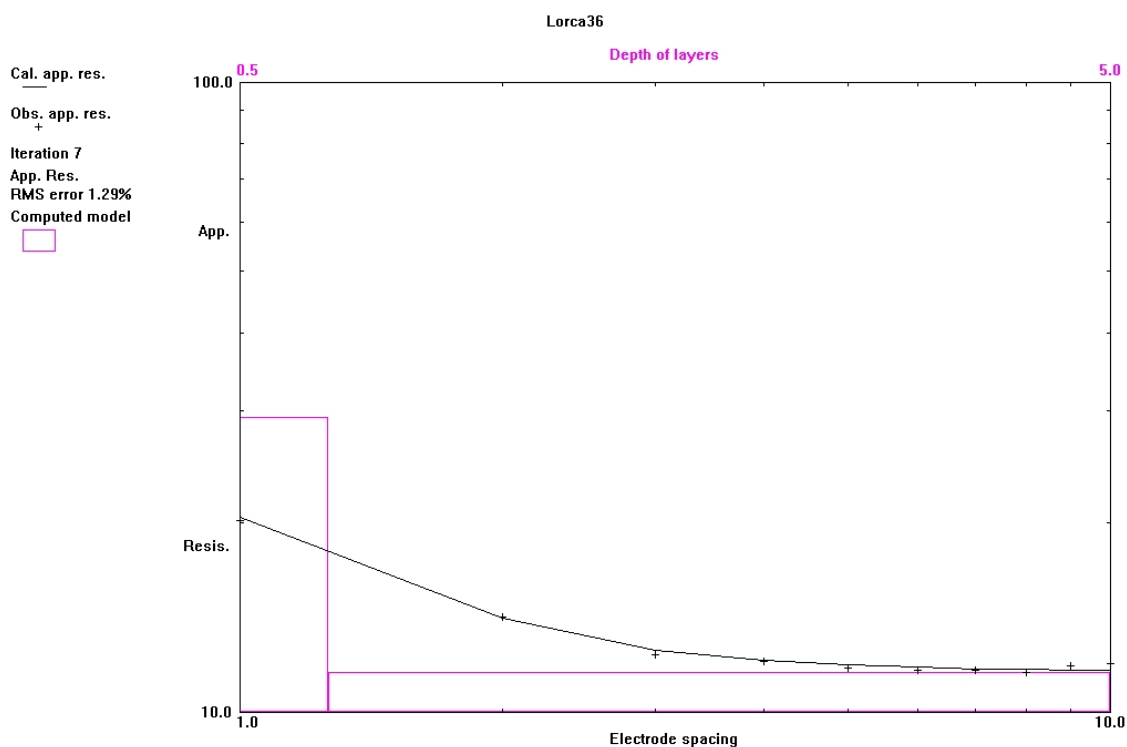
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	3,14	19,729202	1	3,29	20,67168	20,20044076
2	1,13	14,199999	2	1,13	14,199999	14,19999879
3	0,65	12,252211	3	0,66	12,440707	12,34645913
4	0,47	11,812388	4	0,49	12,315043	12,06371579
5	0,36	11,309734	5	0,39	12,252211	11,78097245
6	0,3	11,309734	6	0,32	12,063716	11,68672467
7	0,26	11,435397	7	0,27	11,87522	11,65530874
8	0,23	11,561061	8	0,23	11,561061	11,56106097
9	0,21	11,87522	9	0,21	11,87522	11,87522023
10	0,19	11,938052	10	0,19	11,938052	11,93805208

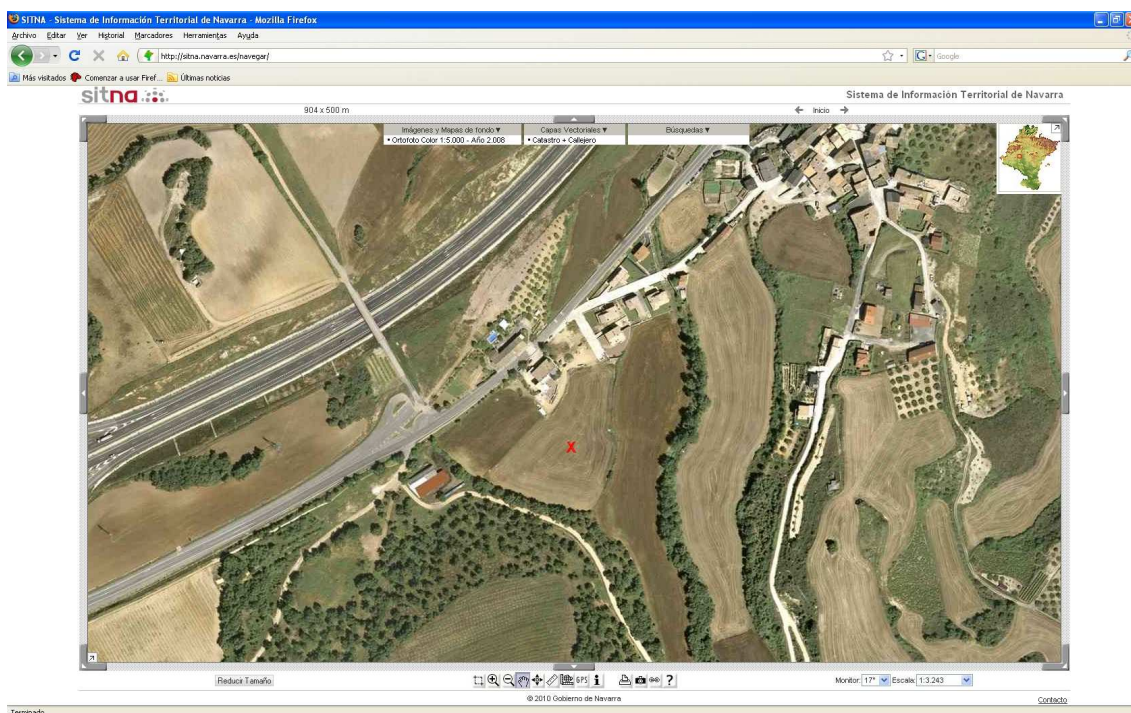




Gráfica RES1D



Localización SITNA





4.4 Jurásico

Alli-Astiz 37

Fecha 23 de noviembre de 2009

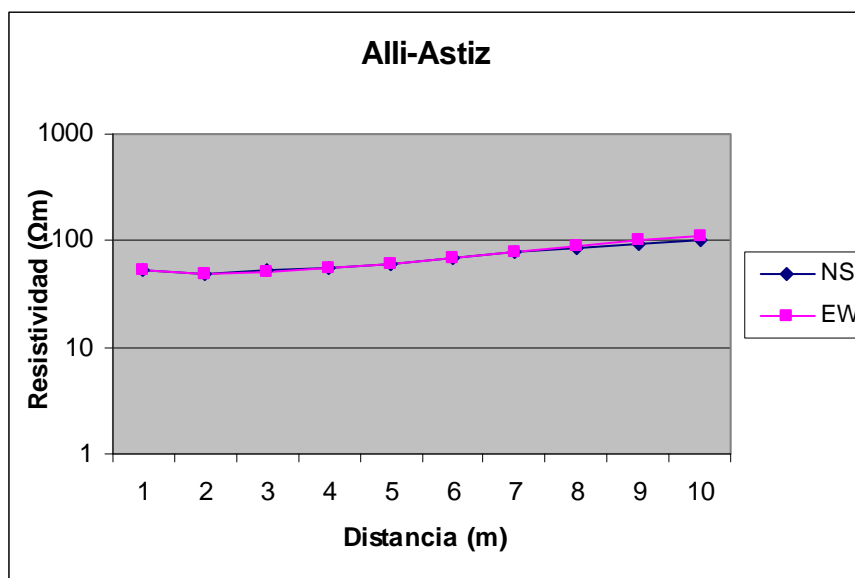
Hora 9:45

Lugar Alli-Astiz

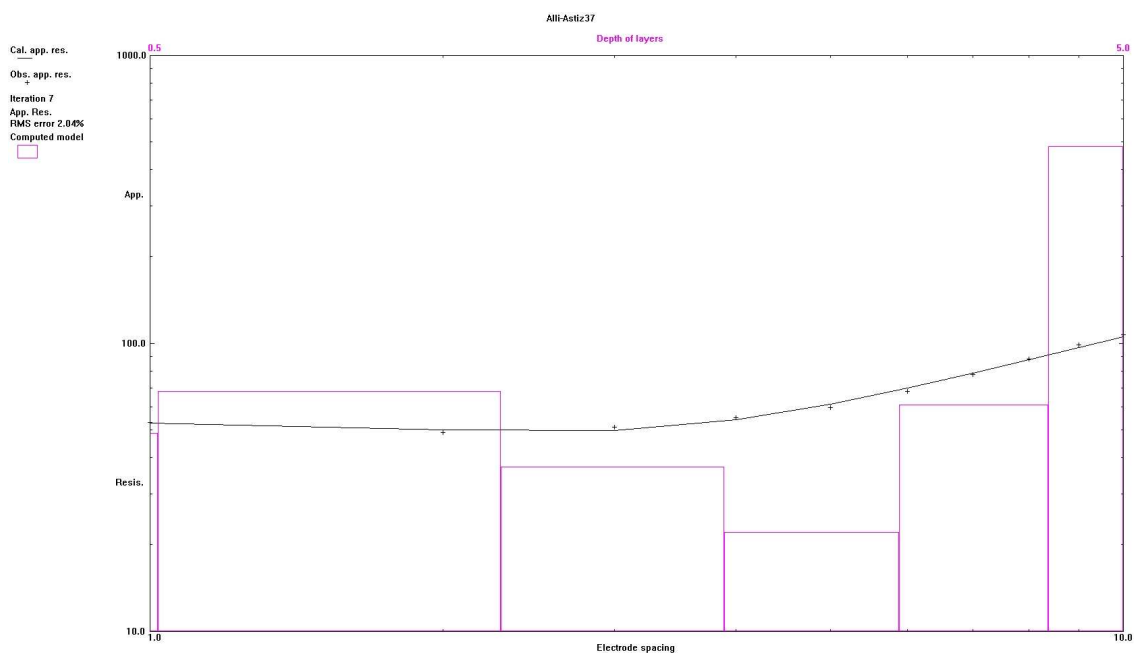
Unidad cartográfica 37-41

Coord. 590708 4760142 Error 2 m

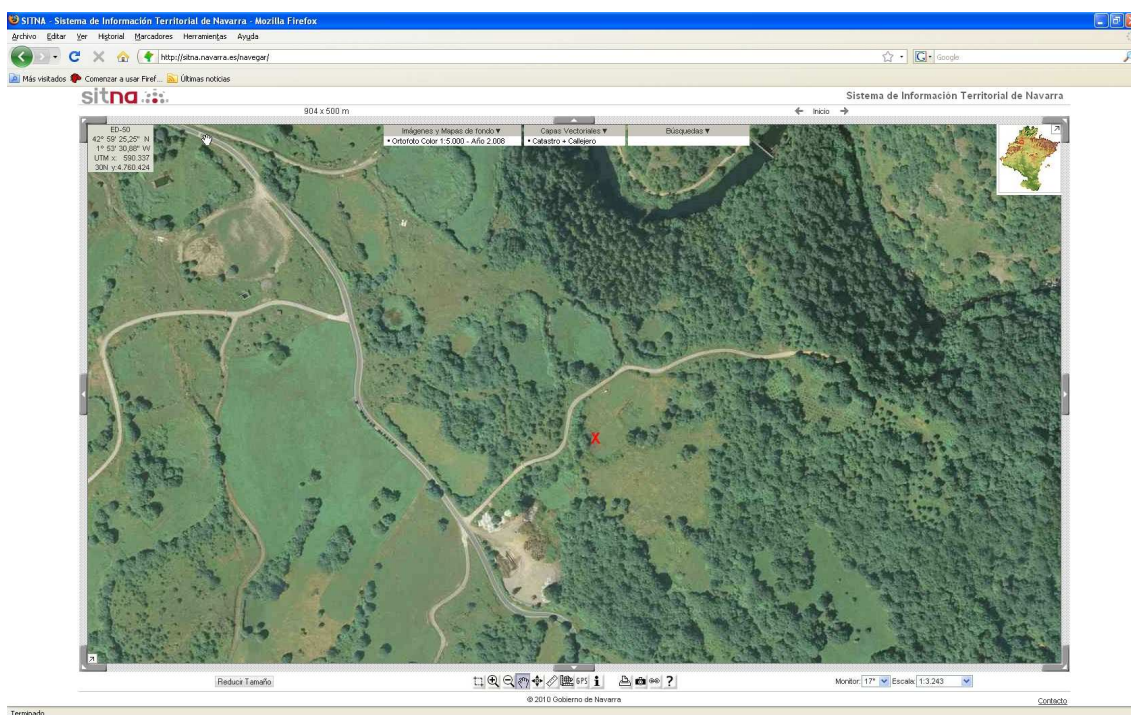
Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	8,41	52,841588	1	8,53	53,595571	53,21857955
2	3,91	49,134509	2	3,91	49,134509	49,1345091
3	2,76	52,024774	3	2,69	50,705305	51,36503989
4	2,21	55,543358	4	2,19	55,040703	55,2920307
5	1,92	60,318579	5	1,9	59,69026	60,00441968
6	1,8	67,858401	6	1,81	68,235392	68,04689688
7	1,76	77,408843	7	1,78	78,288489	77,84866596
8	1,72	86,45663	8	1,8	90,477868	88,46724913
9	1,68	95,001762	9	1,81	102,35309	98,67742525
10	1,62	101,7876	10	1,79	112,46902	107,1283095



Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Beintza 37**

Fecha 23 de noviembre de 2009

Hora 16:30

Lugar Beintza

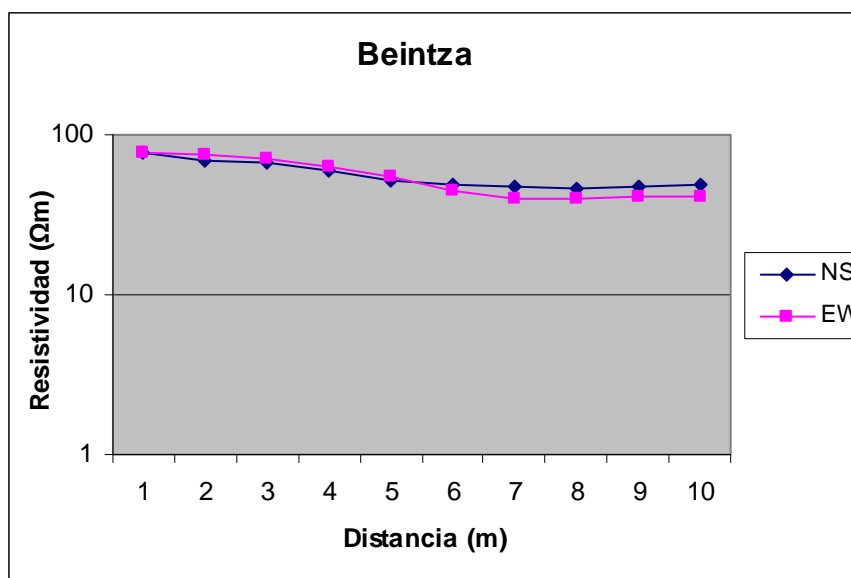
Unidad cartográfica 37

Coord. 602910 4771571 Error 4 m

Orientación NS

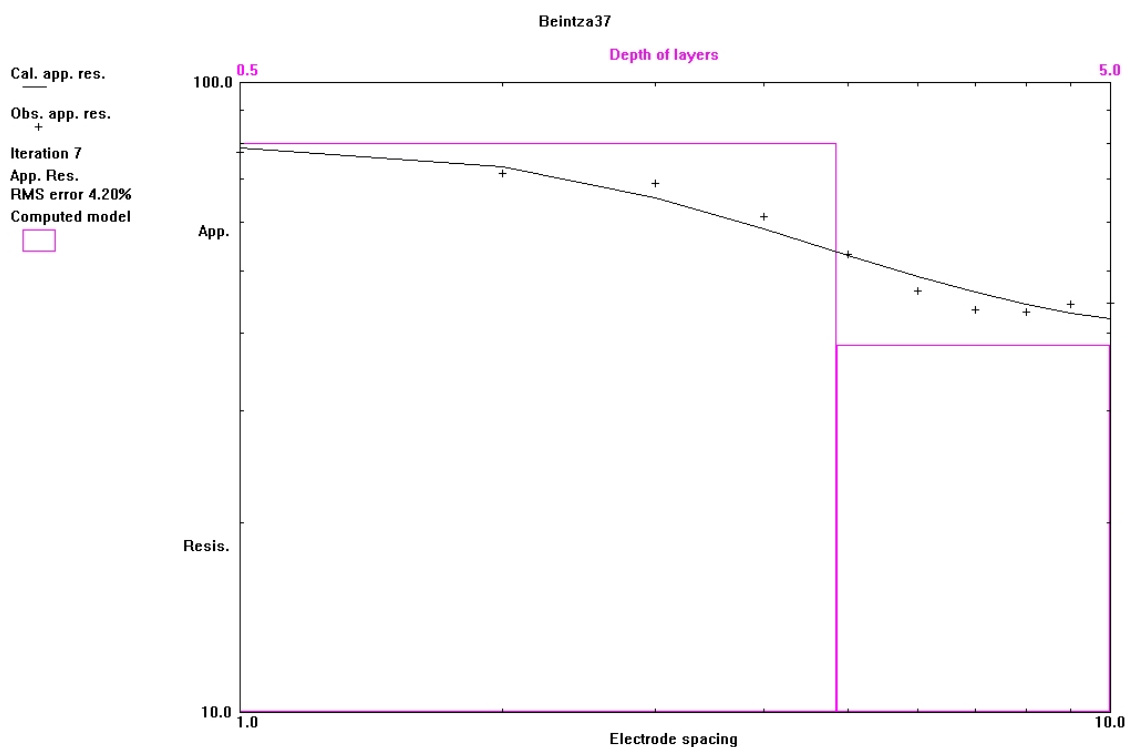
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	12,23	76,843356	1	12,39	77,848666	77,34601113
2	5,44	68,361056	2	5,97	75,0212326	71,69114435
3	3,59	67,669906	3	3,74	70,4973391	69,08362245
4	2,37	59,564597	4	2,51	63,0831805	61,3238886
5	1,66	52,150438	5	1,74	54,6637122	53,40707511
6	1,31	49,385837	6	1,17	44,1079609	46,74689869
7	1,07	47,061058	7	0,91	40,0238904	43,54247418
8	0,92	46,244244	8	0,8	40,212386	43,22831491
9	0,84	47,500881	9	0,73	41,2805275	44,3907042
10	0,77	48,380527	10	0,65	40,8407045	44,61061568

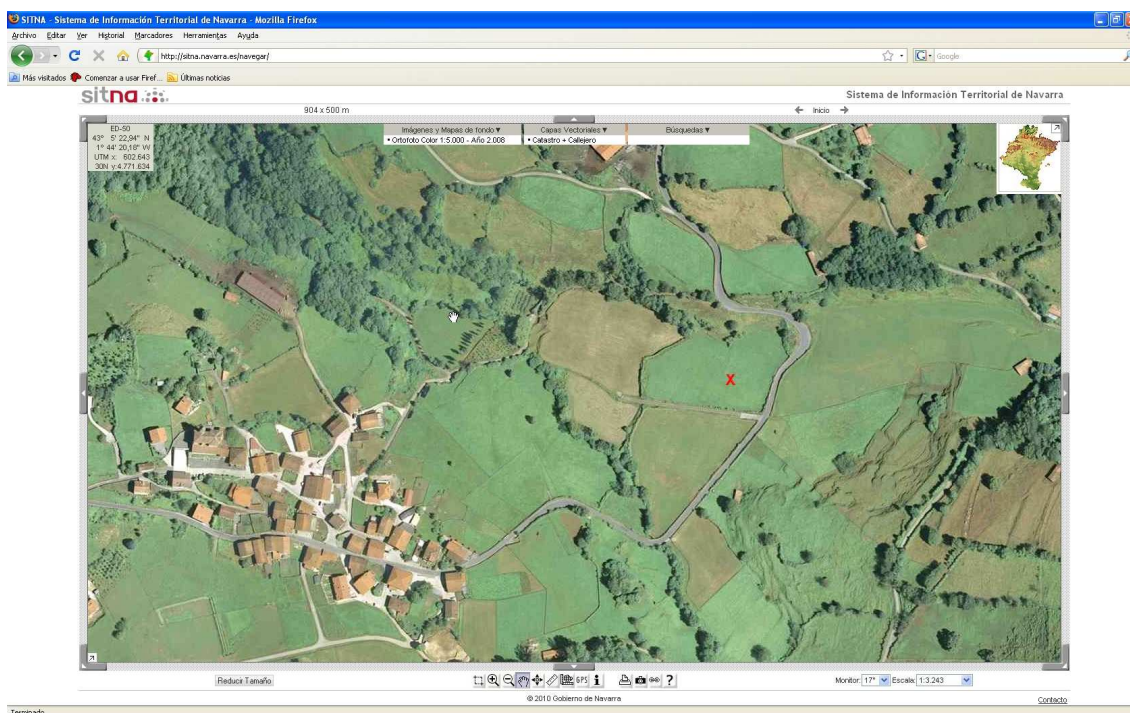




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Berute 39**

Fecha 19 de noviembre de 2009

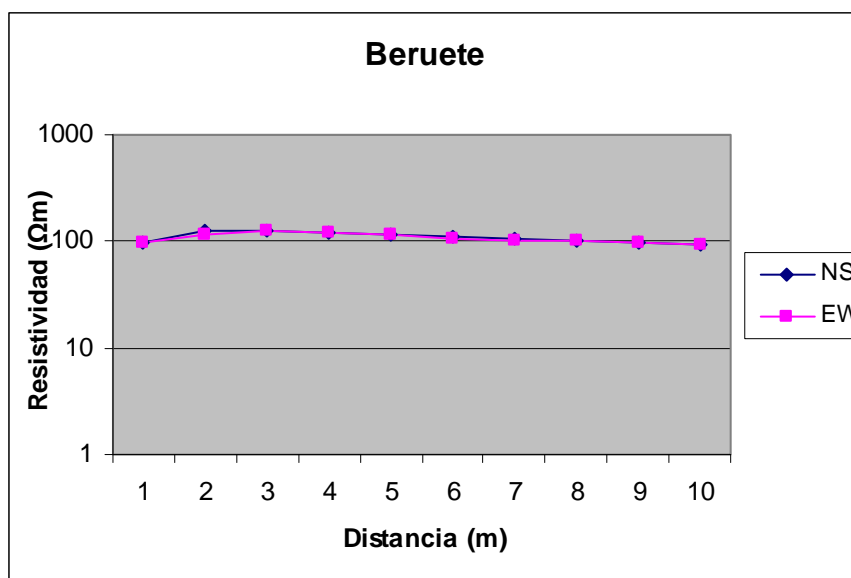
Hora 11:35

Lugar Berute

Unidad cartográfica 39

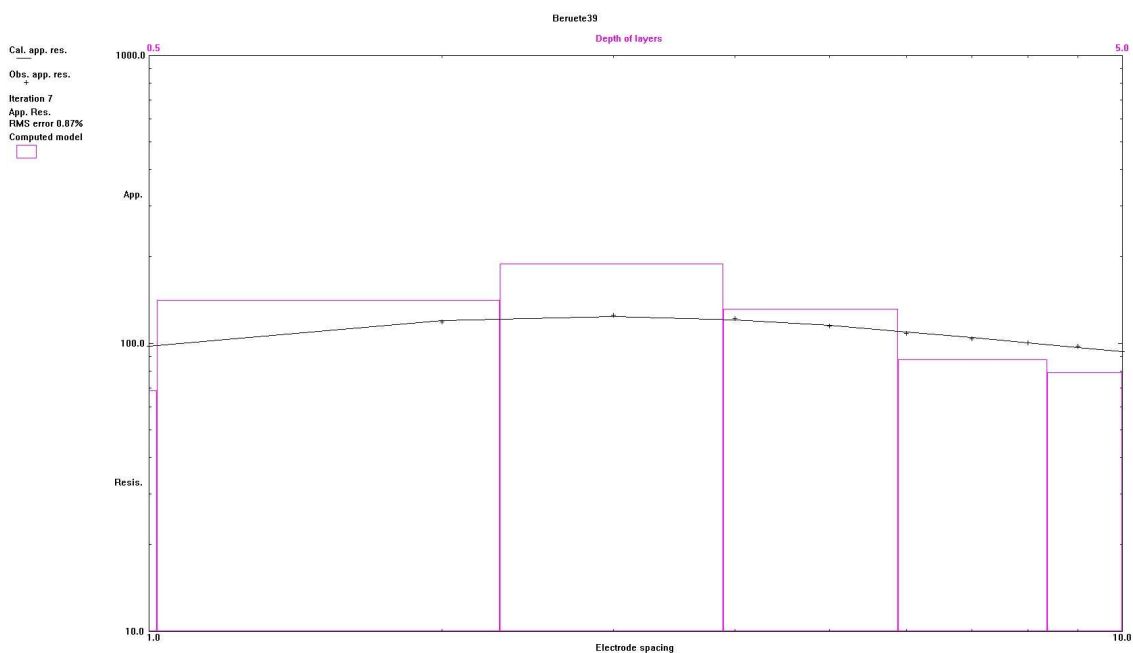
Coord. 596330 4762655 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	15,32	96,258399	1	15,77	99,0858323	97,6721156
2	9,81	123,2761	2	9,1	114,353973	118,8150342
3	6,79	127,98848	3	6,55	123,464591	125,726538
4	4,8	120,63716	4	4,9	123,150432	121,893795
5	3,71	116,55309	5	3,63	114,039813	115,2964504
6	2,89	108,95043	6	2,86	107,81946	108,3849465
7	2,37	104,23804	7	2,35	103,358398	103,7982213
8	2,02	101,53627	8	1,98	99,5256553	100,5309649
9	1,75	98,960169	9	1,71	96,6982219	97,82919523
10	1,48	92,991143	10	1,51	94,8760981	93,93362034

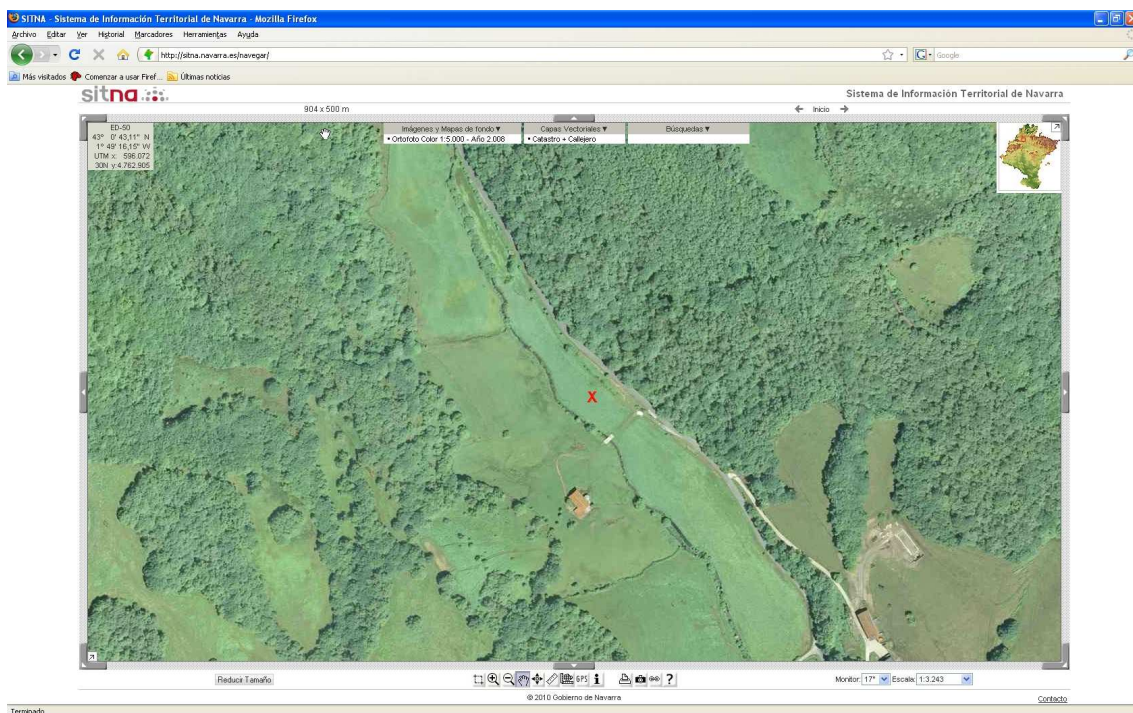




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Uitzi 39

Fecha 23 de noviembre de 2009

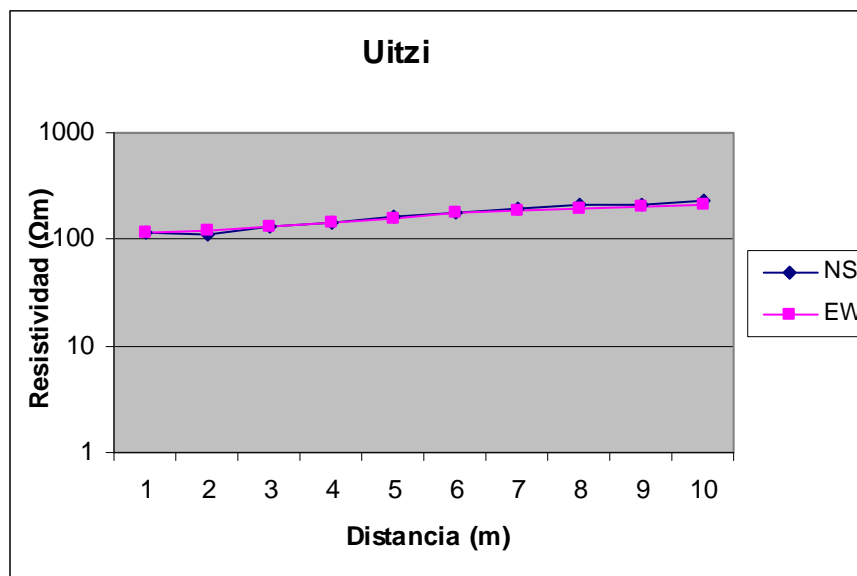
Hora 12:15

Lugar Uitzi

Unidad cartográfica 39

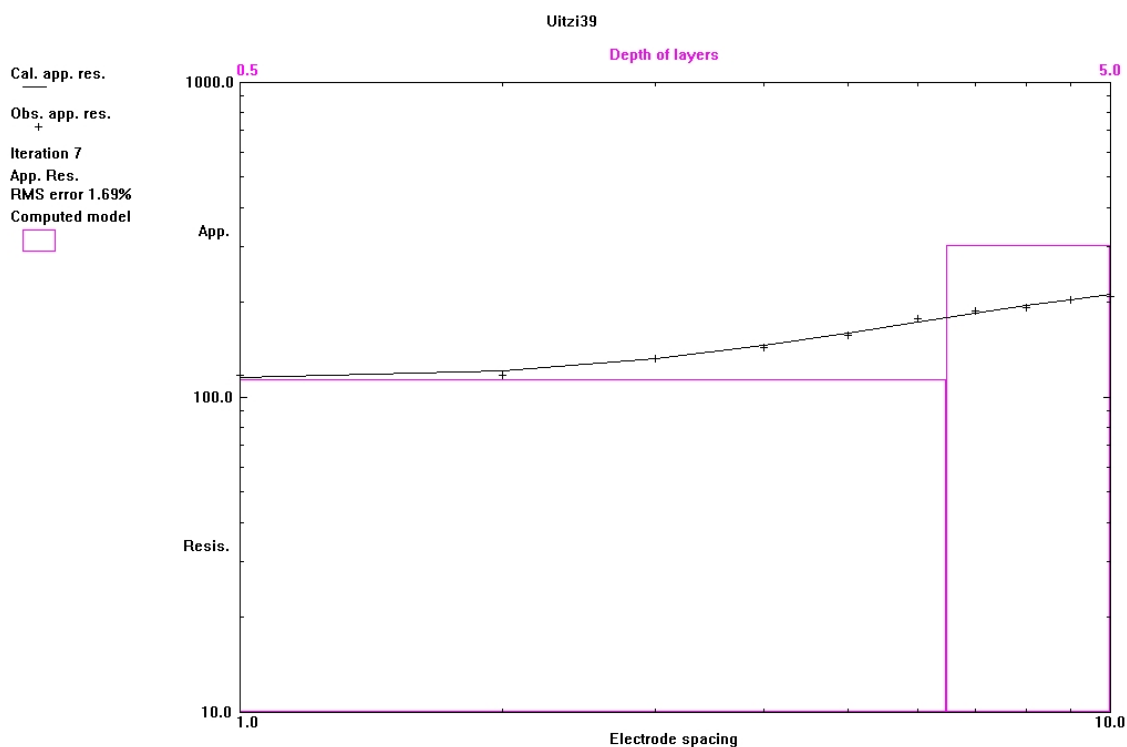
Coord. 588618 4765774 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	18,62	116,99291	1	18,7	117,49557	117,2442378
2	8,87	111,46371	2	9,39	117,99822	114,7309637
3	7,07	133,26636	3	7,07	133,26636	133,2663604
4	5,8	145,7699	4	5,71	143,50795	144,6389258
5	5,19	163,04866	5	5,01	157,39379	160,2212253
6	4,75	179,07078	6	4,71	177,56282	178,316799
7	4,41	193,96193	7	4,27	187,80441	190,8831696
8	4,15	208,60175	8	3,85	193,52211	201,0619298
9	3,8	214,88494	9	3,61	204,14069	209,5128141
10	3,69	231,84954	10	3,34	209,85839	220,8539635

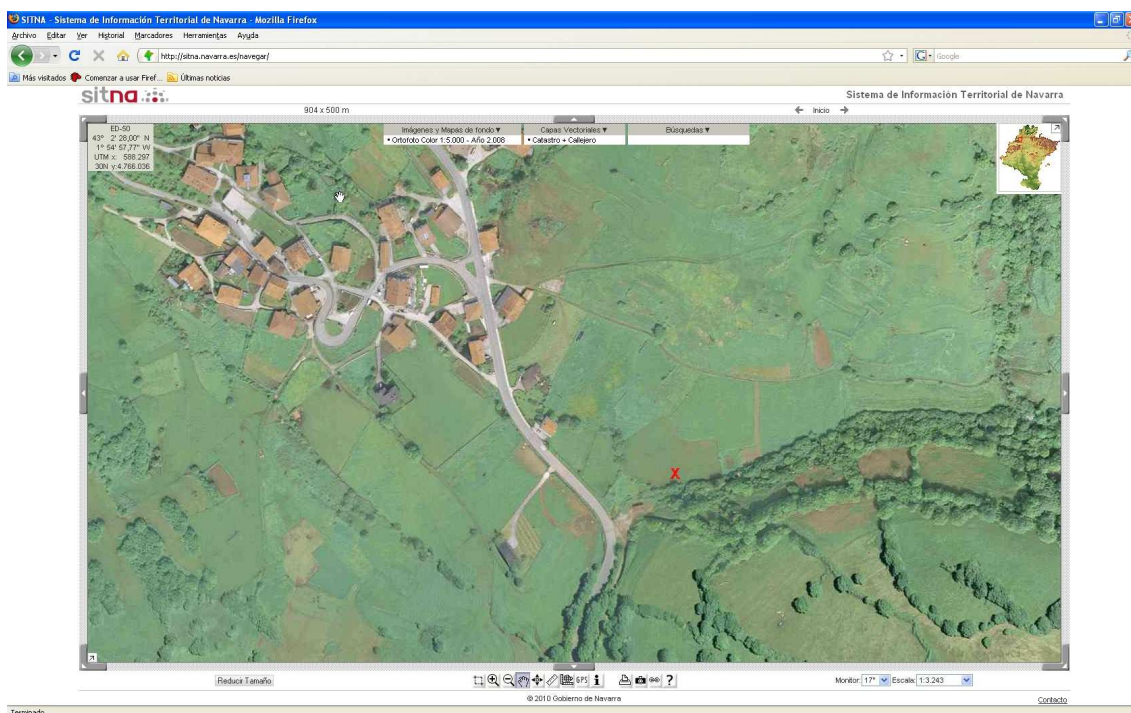




Gráfica RES1D



Localización SITNA





4.5 Cretácico inferior

Eltzaburu 48

Fecha 19 de noviembre de 2009

Hora 15:16

Lugar Eltzaburu

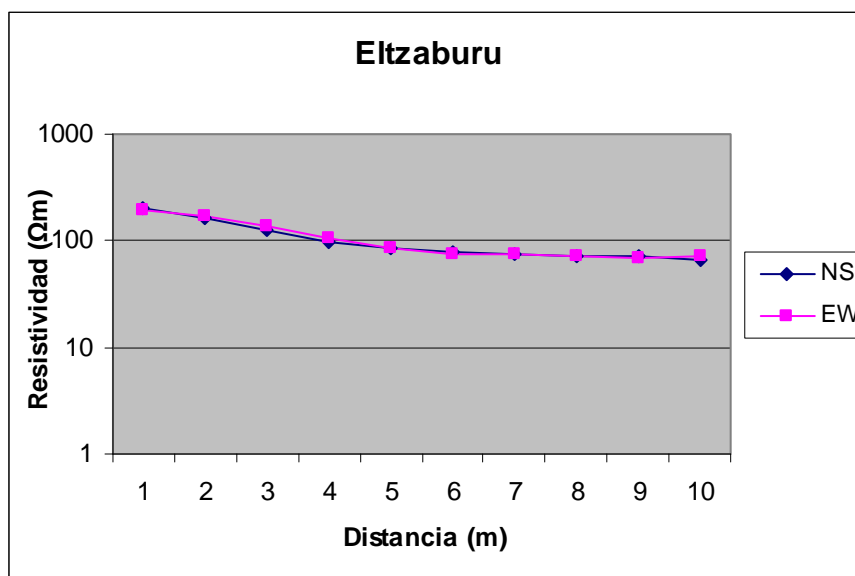
Unidad cartográfica 48

Coord. 604759 4762082 Error 5 m

Orientación NS

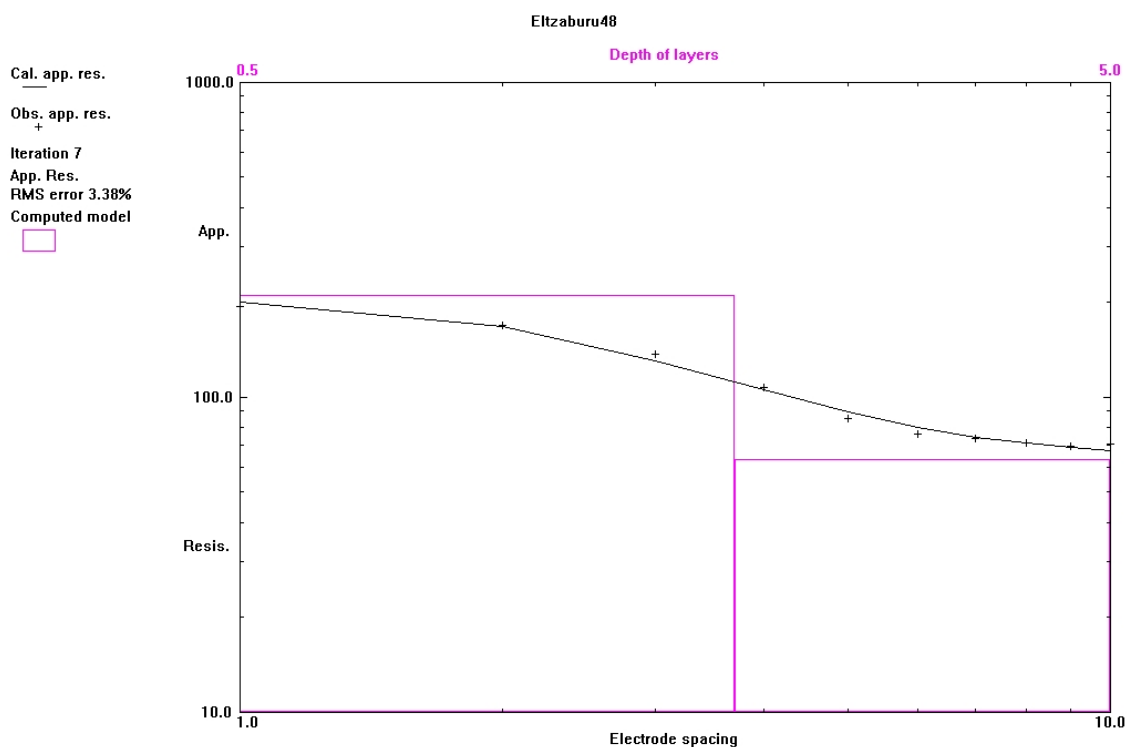
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	31,9	200,43361	1	31	194,77874	197,6061779
2	12,92	162,35751	2	13,43	168,76636	165,5619328
3	6,54	123,2761	3	7,3	137,60176	130,438927
4	3,84	96,509726	4	4,29	107,81946	102,1645931
5	2,69	84,508842	5	2,72	85,45132	84,98008128
6	2,11	79,545126	6	2,03	76,529197	78,03716152
7	1,71	75,209728	7	1,69	74,330082	74,76990516
8	1,46	73,387604	8	1,43	71,87964	72,63362215
9	1,27	71,816808	9	1,24	70,120348	70,96857804

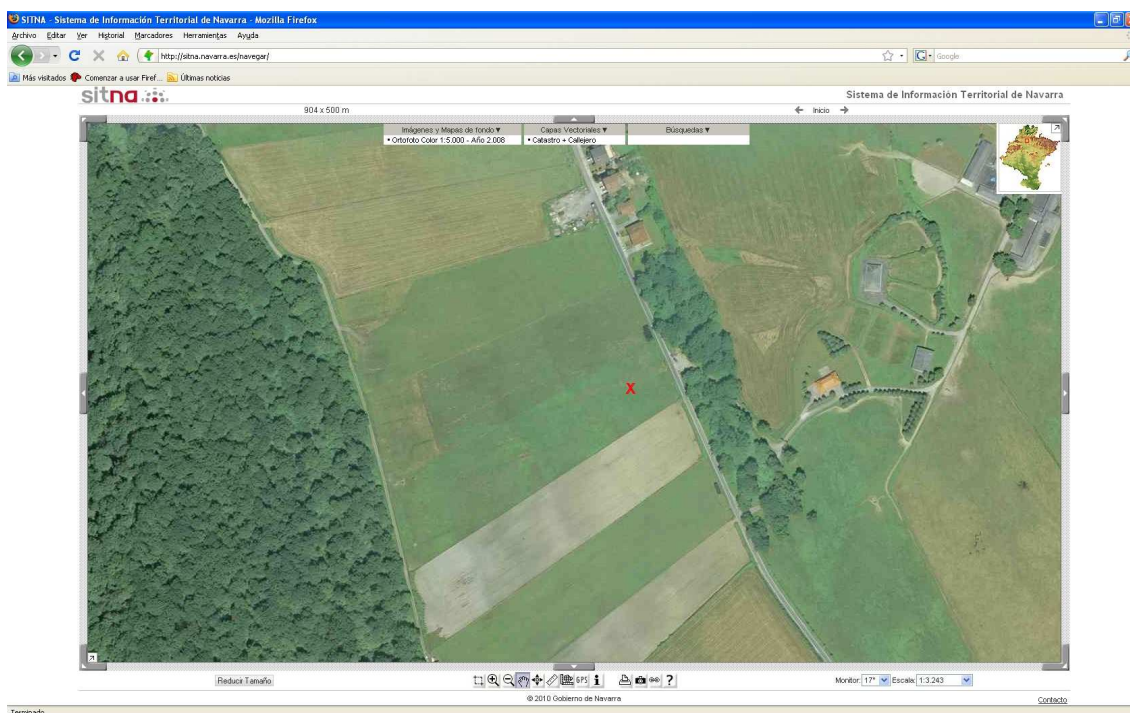




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Ilarregi 48**

Fecha 19 de noviembre de 2009

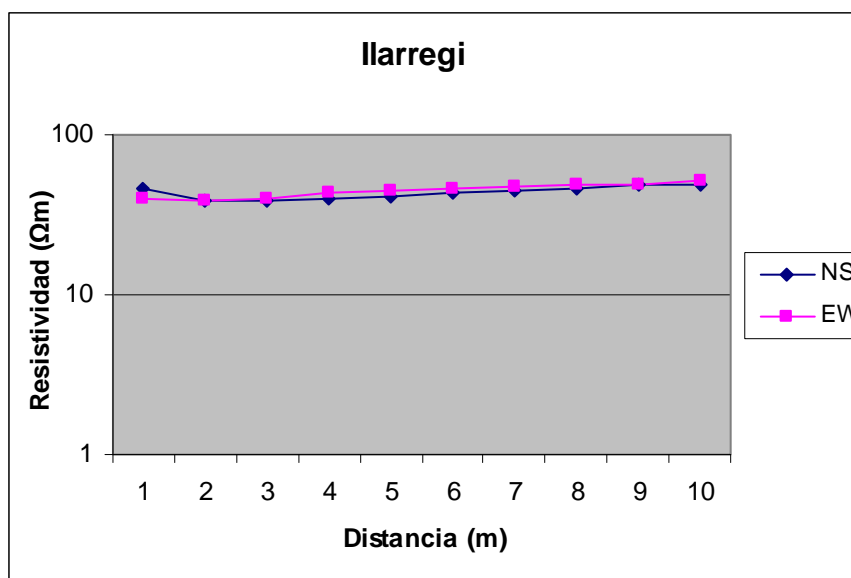
Hora 16:20

Lugar Ilarregi

Unidad cartográfica 48

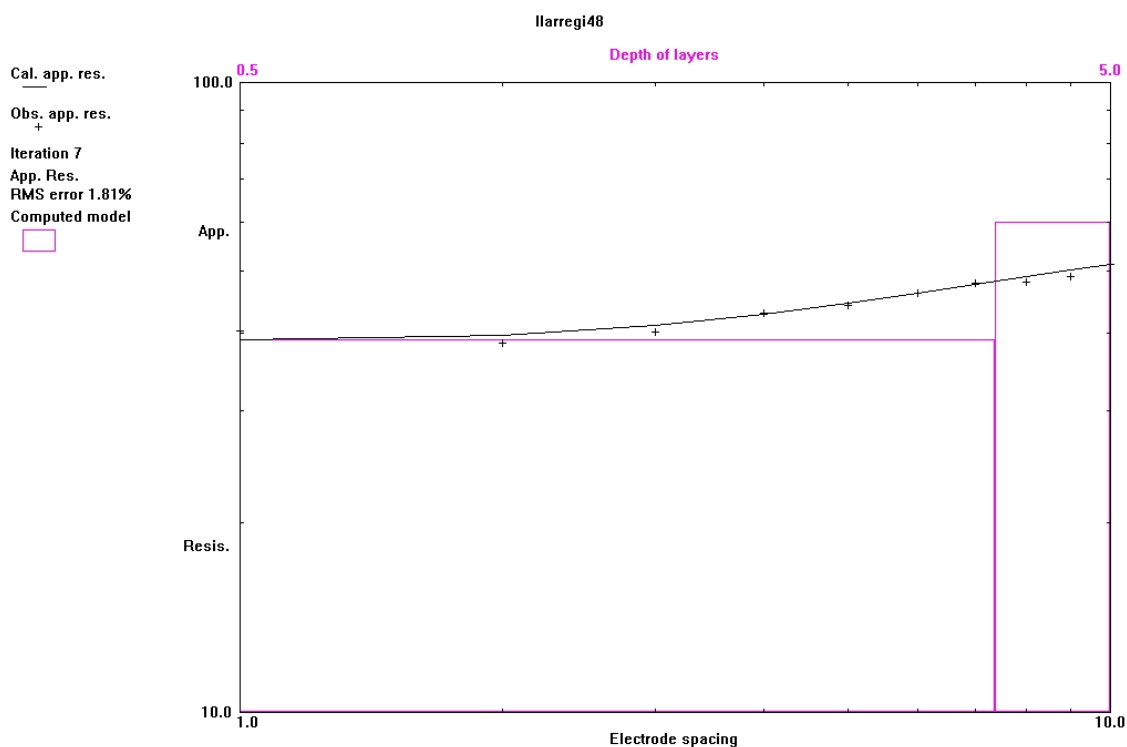
Coord. 602588 4763062 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	7,24	45,490262	1	6,41	40,275218	42,88273972
2	3,11	39,081413	2	3,07	38,578758	38,8300852
3	2,03	38,264599	3	2,13	40,149554	39,20707632
4	1,57	39,458404	4	1,71	42,976988	41,21769562
5	1,31	41,154864	5	1,41	44,296456	42,72566009
6	1,14	42,976988	6	1,23	46,369908	44,67344753
7	1,01	44,42212	7	1,09	47,940704	46,18141201
8	0,92	46,244244	8	0,96	48,254863	47,24955351
9	0,85	48,066368	9	0,87	49,197341	48,63185428
10	0,77	48,380527	10	0,82	51,52212	49,95132319

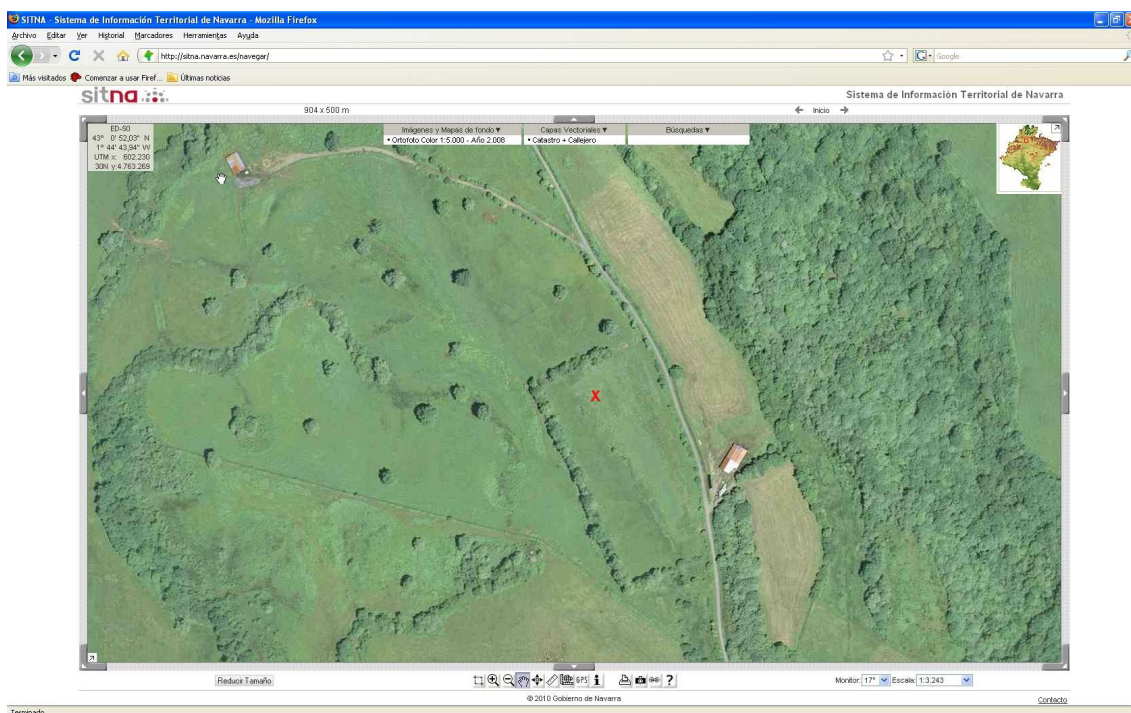




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Intza 48**

Fecha 23 de noviembre de 2009

Hora 11:00

Lugar Intza

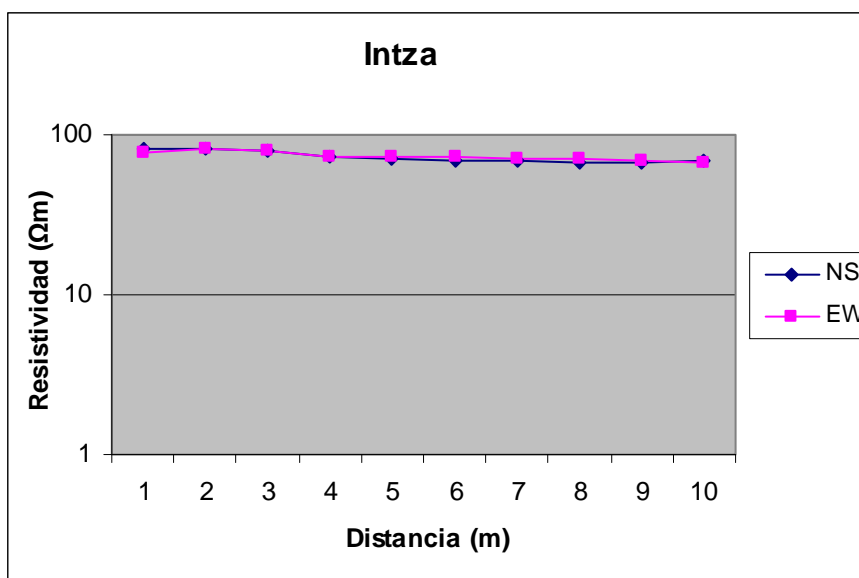
Unidad cartográfica 48

Coord. 582120 4763949 Error 12 m

Orientación NS

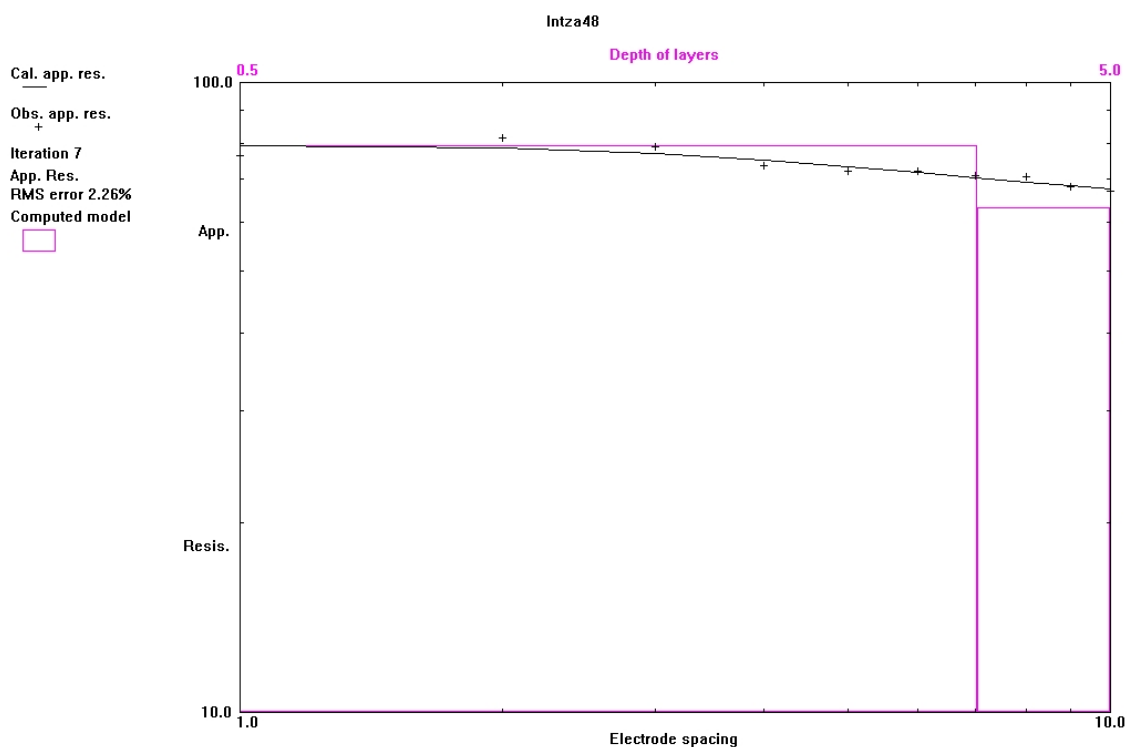
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	12,98	81,555745	1	12,17	76,466365	79,01105524
2	6,5	81,681409	2	6,51	81,807073	81,74424085
3	4,16	78,414153	3	4,2	79,168135	78,79114375
4	2,94	73,890259	4	2,93	73,638932	73,76459551
5	2,25	70,685835	5	2,3	72,256631	71,47123287
6	1,84	69,366366	6	1,92	72,382295	70,87433026
7	1,56	68,612384	7	1,62	71,251321	69,93185247
8	1,33	66,853092	8	1,41	70,87433	68,86371097
9	1,18	66,727428	9	1,21	68,423888	67,57565798
10	1,1	69,115038	10	1,07	67,230083	68,17256058

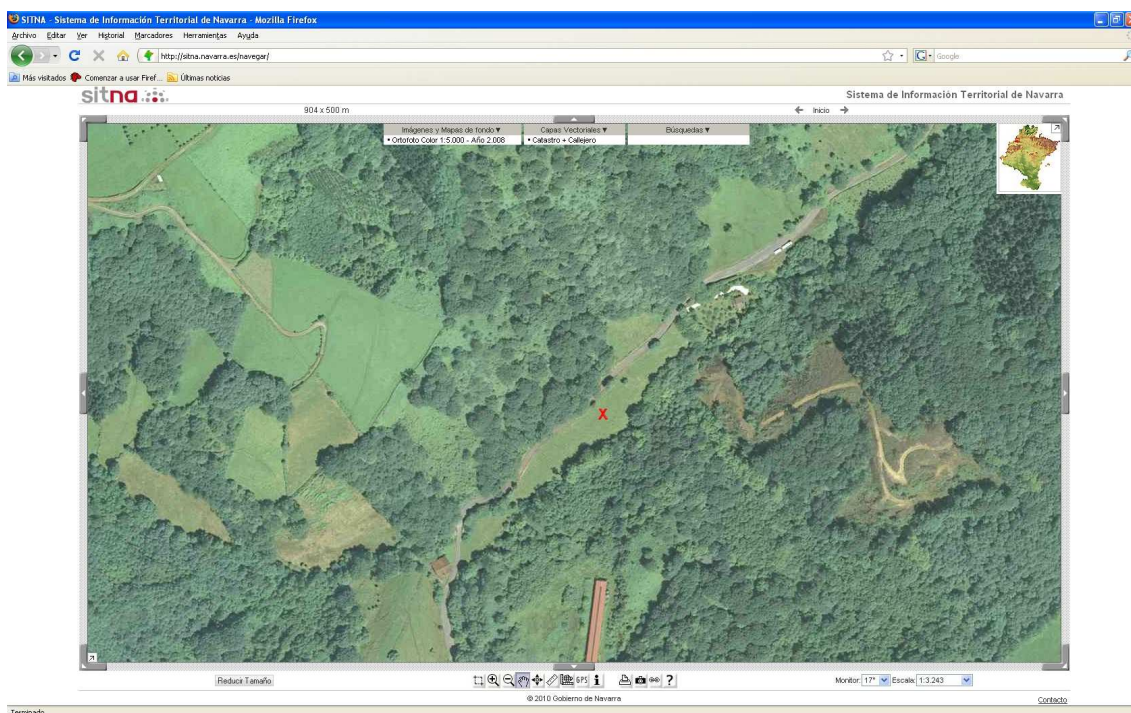




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Arraitz 49**

Fecha 27 de oct. de 2009

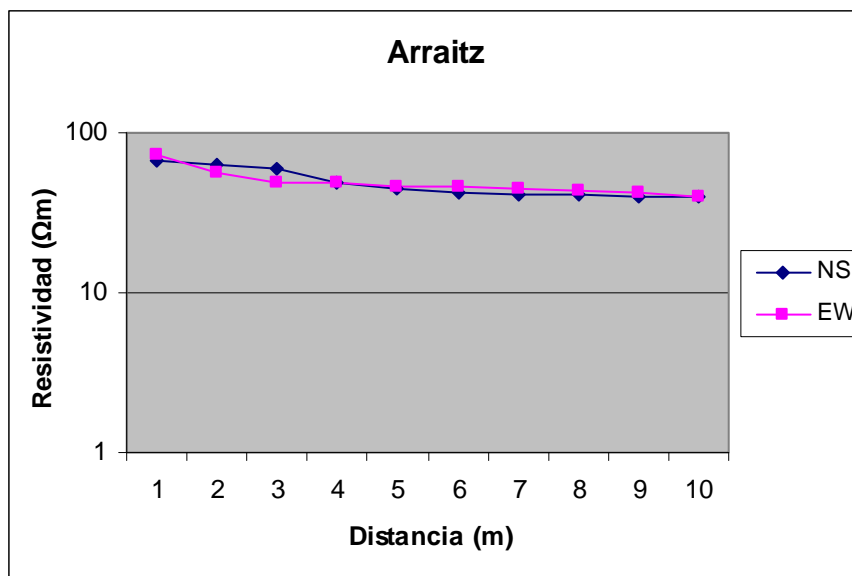
Hora 14:30

Lugar Arraitz

Unidad cartográfica 49

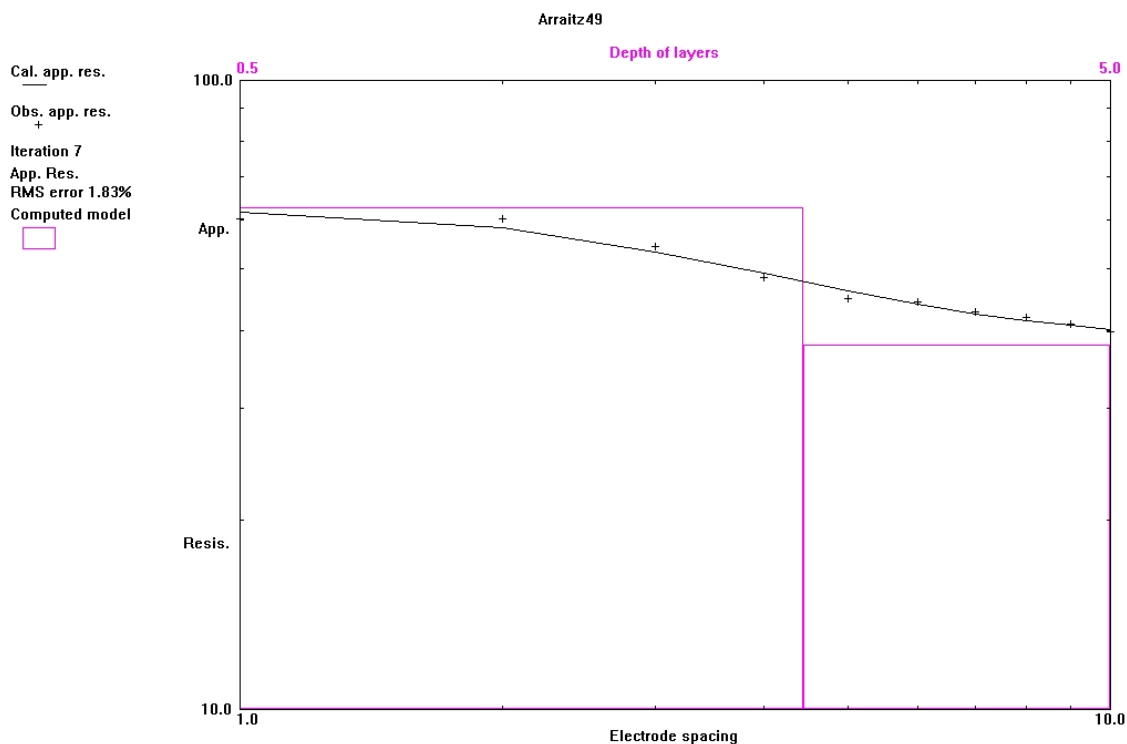
Coord. 640511 4762637 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	10,6	66,601764	1	11,47	72,068135	69,33494986
2	5,08	63,837163	2	4,5	56,548668	60,19291524
3	3,16	59,564597	3	2,61	49,197341	54,38096883
4	1,95	49,008845	4	1,92	48,254863	48,63185428
5	1,41	44,296456	5	1,45	45,553093	44,92477495
6	1,13	42,599996	6	1,23	46,369908	44,48495197
7	0,93	40,903536	7	1,02	44,861943	42,88273972
8	0,81	40,715041	8	0,86	43,228315	41,97167785
9	0,7	39,584067	9	0,75	42,411501	40,99778413
10	0,63	39,584067	10	0,64	40,212386	39,8982267

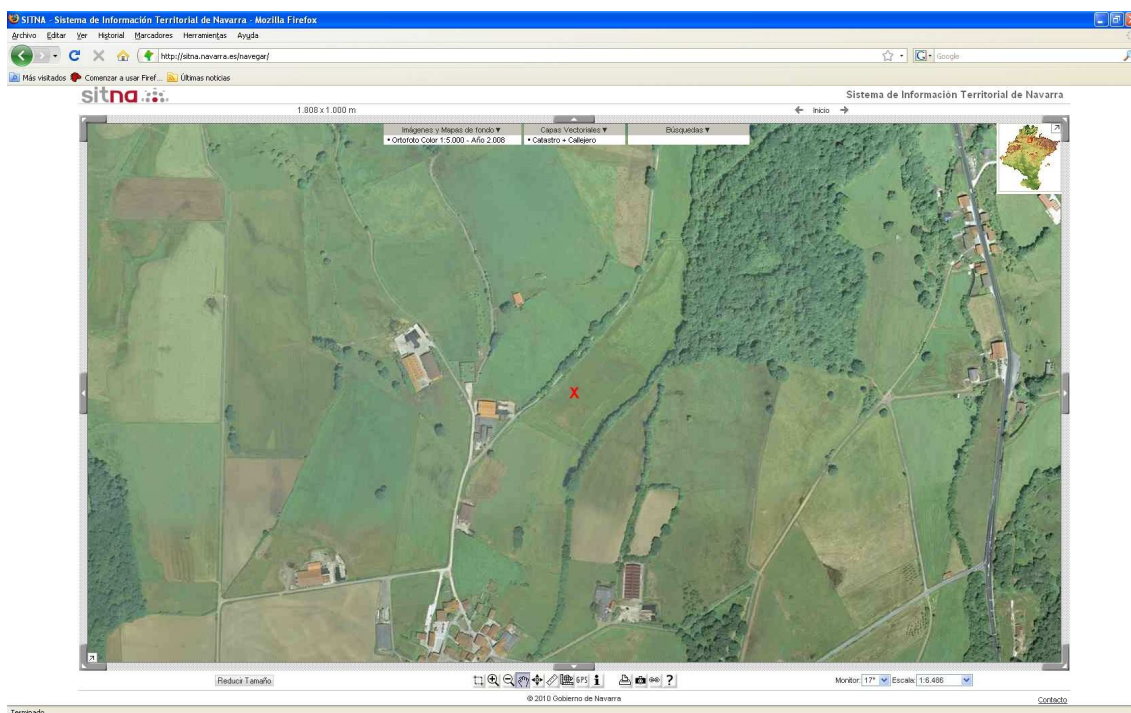




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Zufia 49**

Fecha 16 de nov de 2009

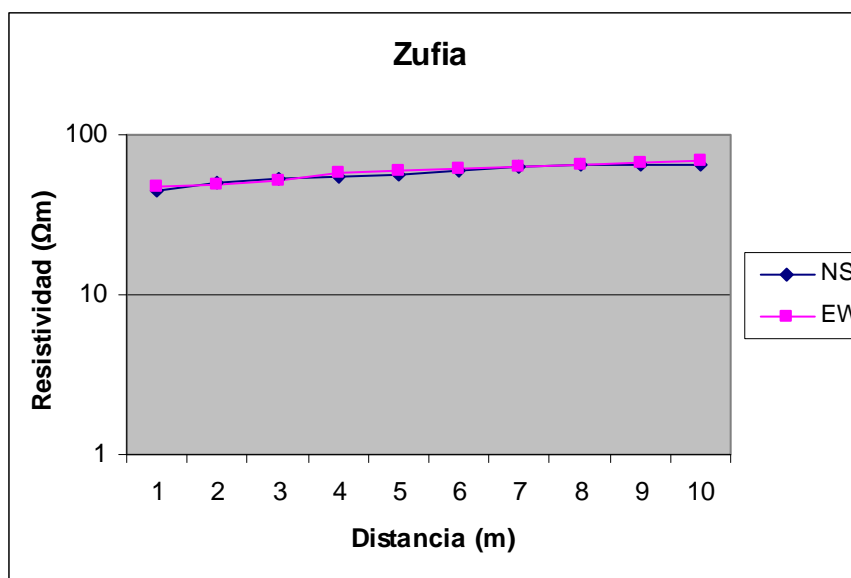
Hora 15:55

Lugar Zufia

Unidad cartográfica 49

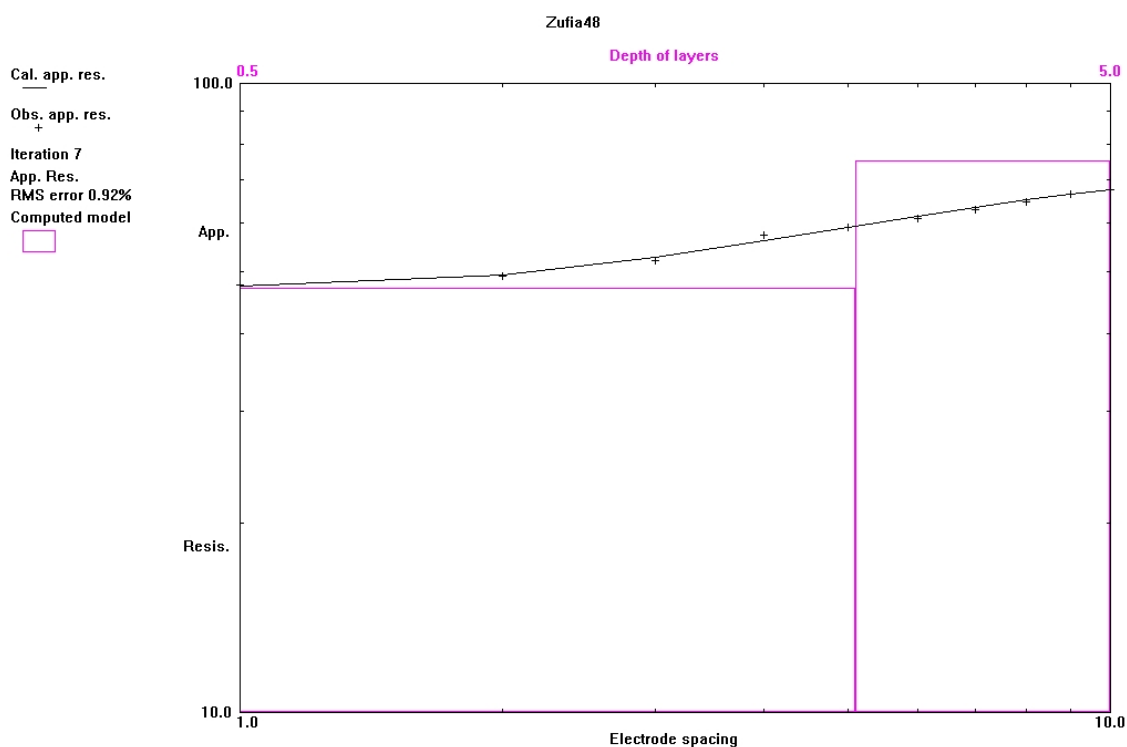
Coord. 573165 4724474 Error 4 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	7,2	45,238934	1	7,6	47,752208	46,49557127
2	4,01	50,391146	2	3,93	49,385837	49,88849134
3	2,82	53,155748	3	2,77	52,21327	52,6845088
4	2,17	54,538048	4	2,28	57,30265	55,92034923
5	1,79	56,234508	5	1,88	59,061942	57,64822519
6	1,56	58,810614	6	1,62	61,072561	59,94158783
7	1,42	62,454862	7	1,43	62,894685	62,67477344
8	1,28	64,339818	8	1,29	64,842472	64,59114496
9	1,16	65,596455	9	1,18	66,727428	66,16194128
10	1,04	65,345127	10	1,08	67,858401	66,60176426

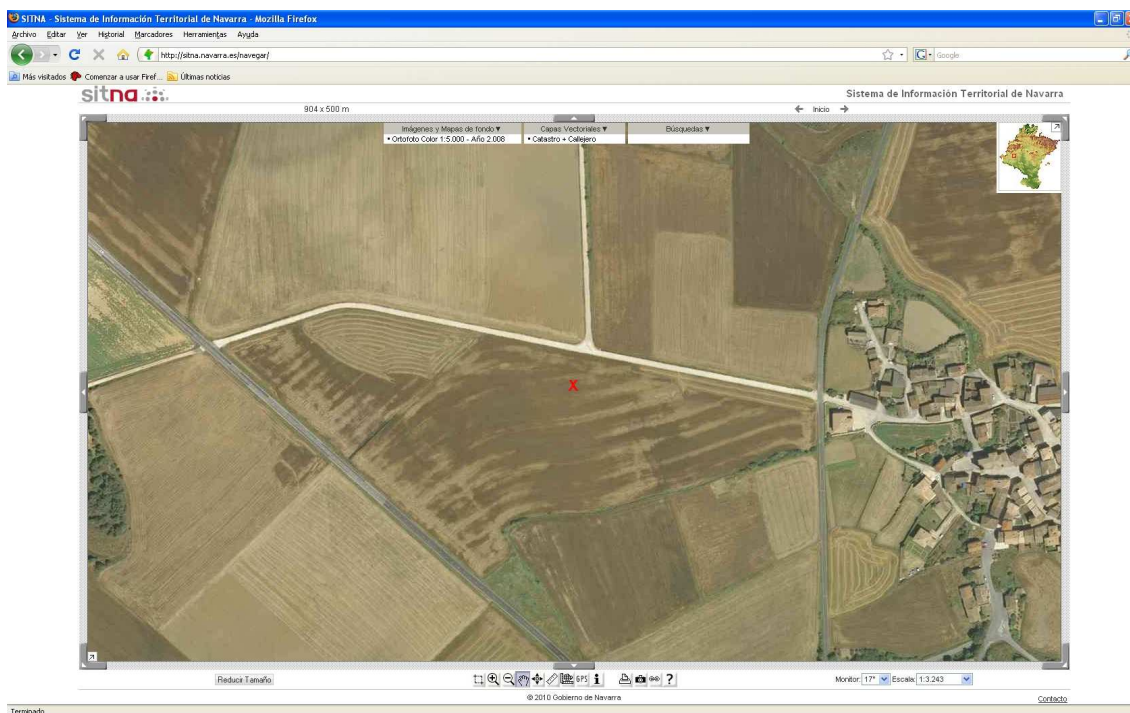




Gráfica RES1D



Localización SITNA





4.6 Cretácico superior

Viloria 50

Fecha 16 de nov de 2009

Hora 14:39

Lugar Viloria

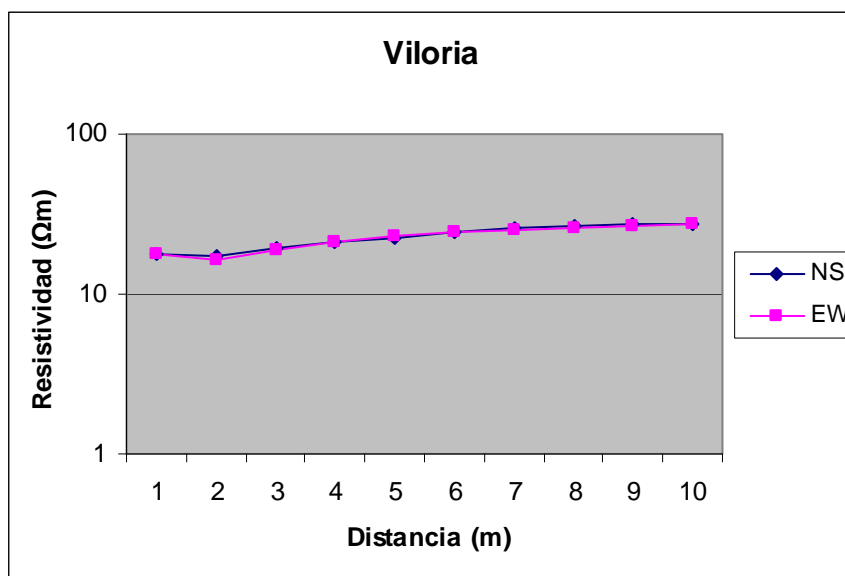
Unidad cartografica 50

Coord. 562611 4729504 Error 4 m

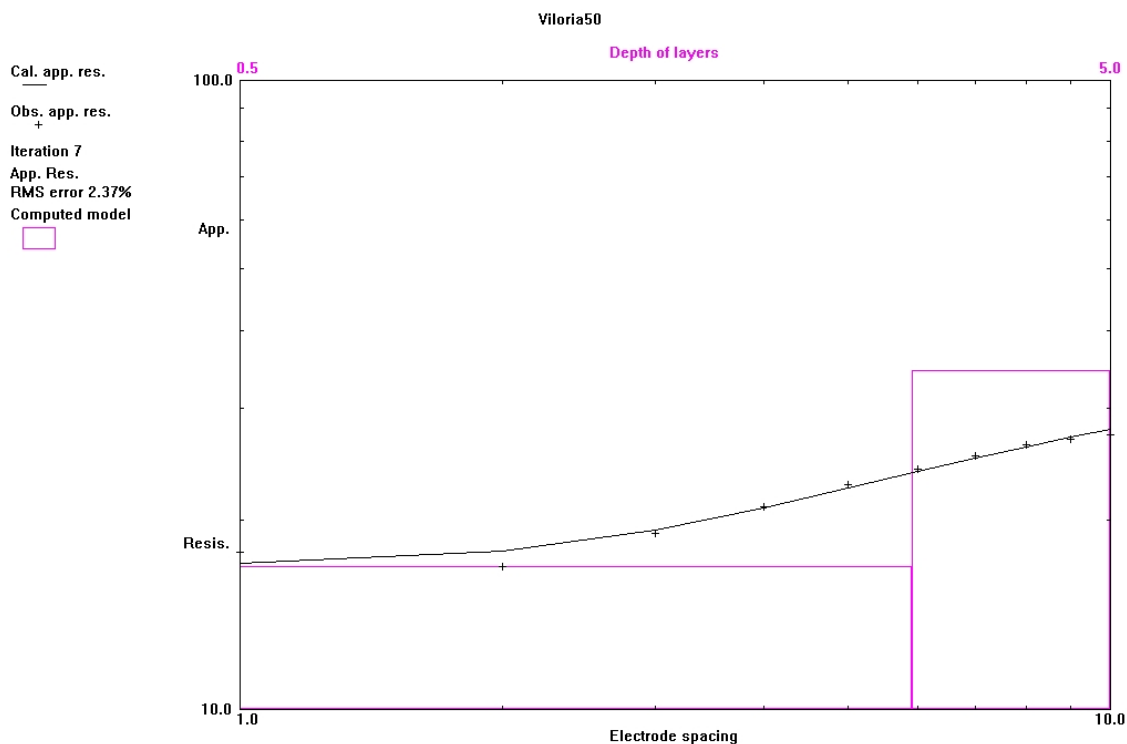
Orientación NS

Orientación EW

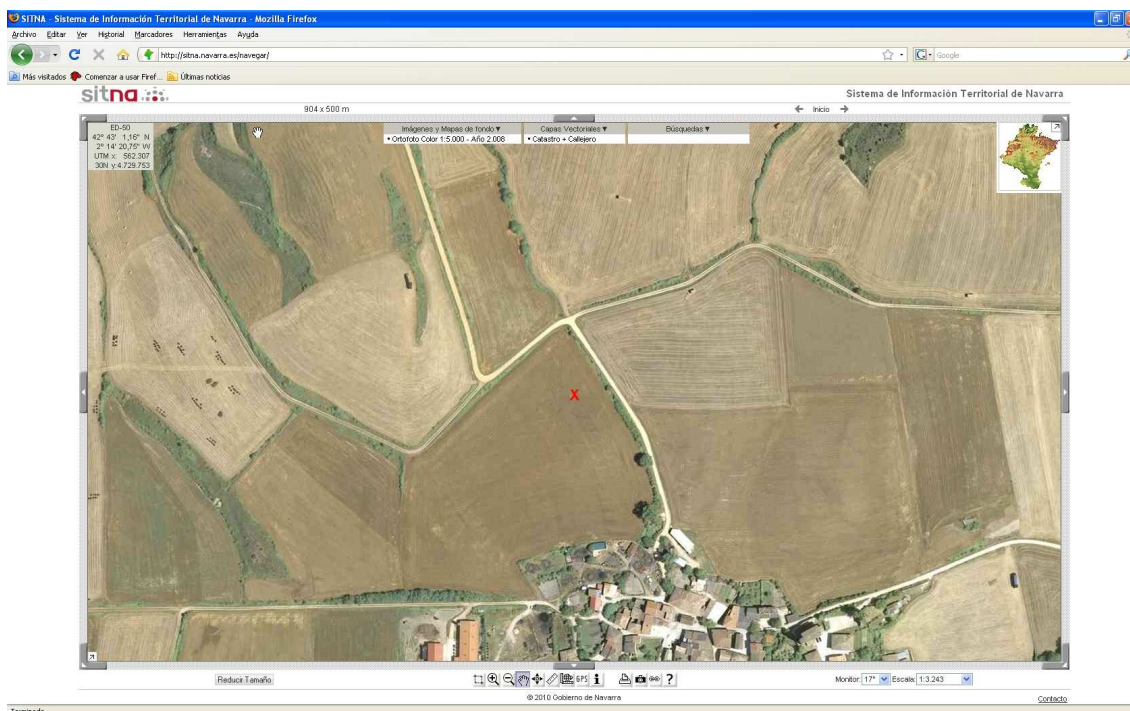
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	2,85	17,907078	1	2,81	17,655751	17,78141442
2	1,38	17,341591	2	1,31	16,461946	16,90176848
3	1,02	19,226547	3	1	18,849556	19,03805148
4	0,84	21,111503	4	0,83	20,860175	20,98583893
5	0,72	22,619467	5	0,73	22,933626	22,77654674
6	0,64	24,127432	6	0,64	24,127432	24,12743158
7	0,58	25,509732	7	0,57	25,069909	25,28982086
8	0,53	26,640706	8	0,52	26,138051	26,38937829
9	0,48	27,143361	9	0,47	26,577874	26,86061719
10	0,44	27,646015	10	0,43	27,017697	27,33185609



Gráfica RES1D



Localización SITNA



Artaza 50-51

Fecha 17 de nov de 2009

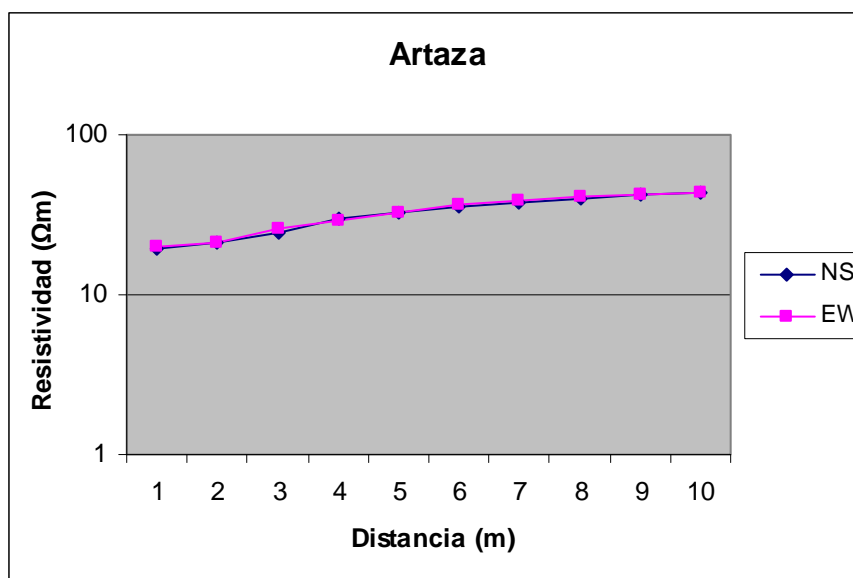
Hora 14:46

Lugar Artaza

Unidad cartografica 50-51

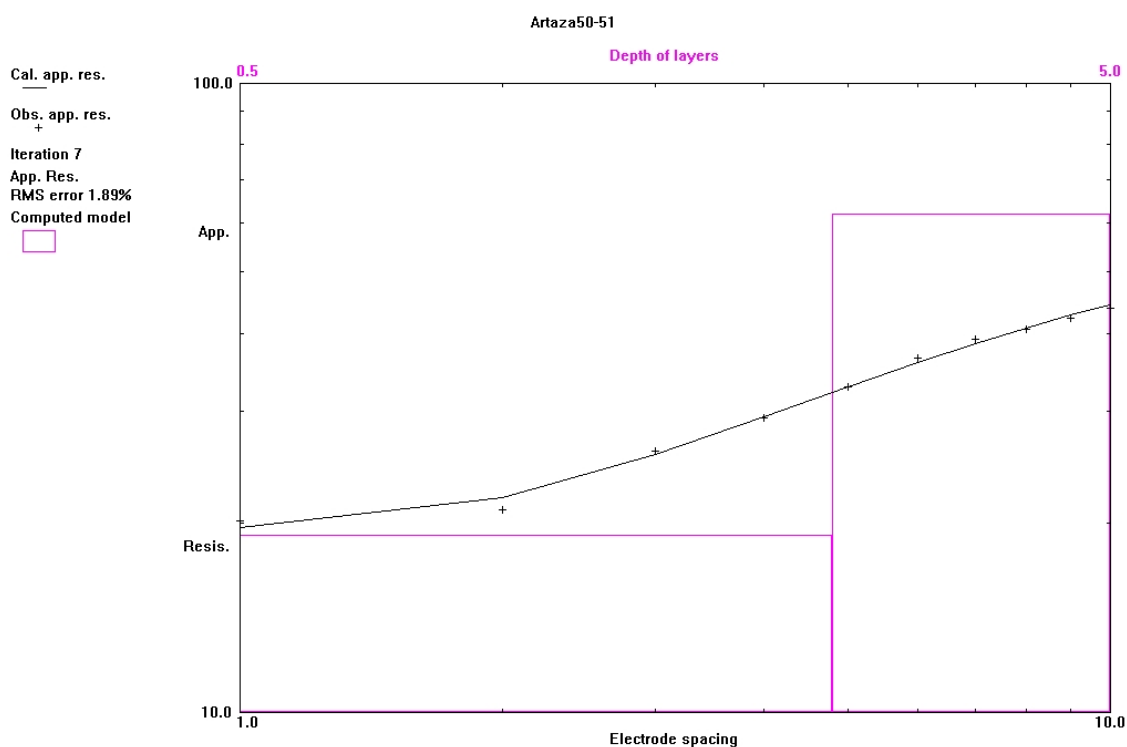
Coord. 572360 4736170 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	3,11	19,540706	1	3,21	20,169025	19,85486557
2	1,66	20,860175	2	1,67	20,985839	20,92300707
3	1,3	24,504423	3	1,38	26,012387	25,25840493
4	1,18	29,656635	4	1,17	29,405307	29,53097094
5	1,05	32,986723	5	1,05	32,986723	32,98672286
6	0,94	35,437165	6	0,97	36,568138	36,00265181
7	0,86	37,824776	7	0,89	39,144244	38,48451001
8	0,8	40,212386	8	0,81	40,715041	40,46371338
9	0,75	42,411501	9	0,75	42,411501	42,41150082
10	0,7	43,982297	10	0,7	43,982297	43,98229715

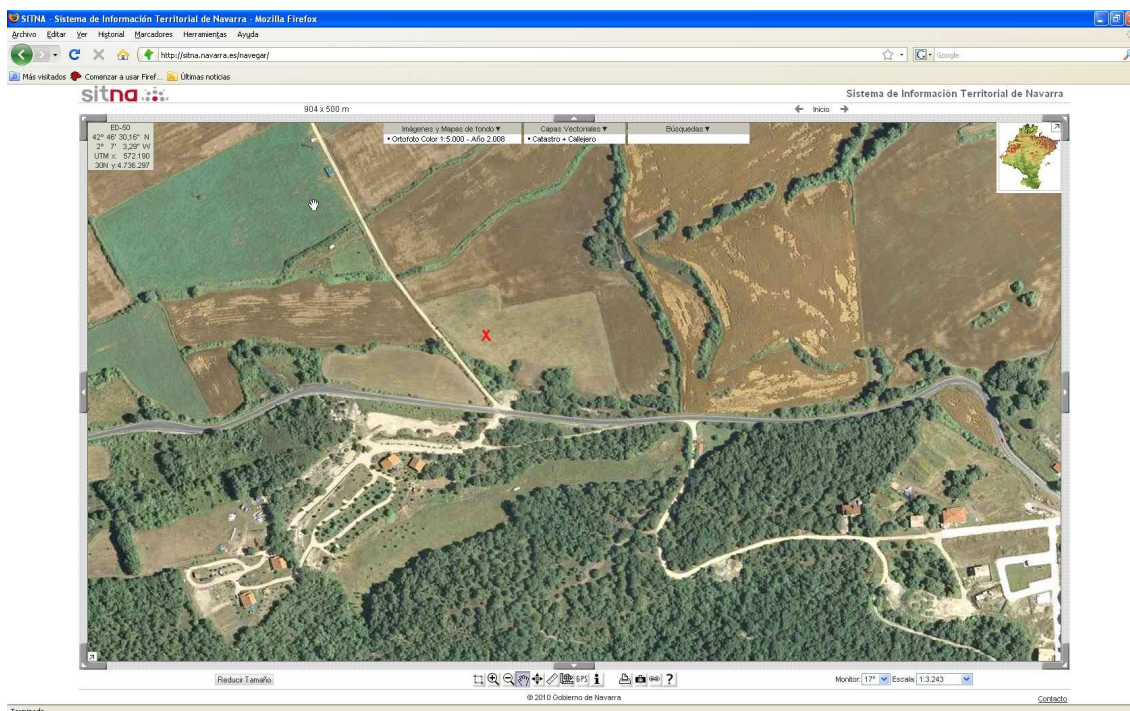




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Piedramillera 51**

Fecha 16 de nov de 2009

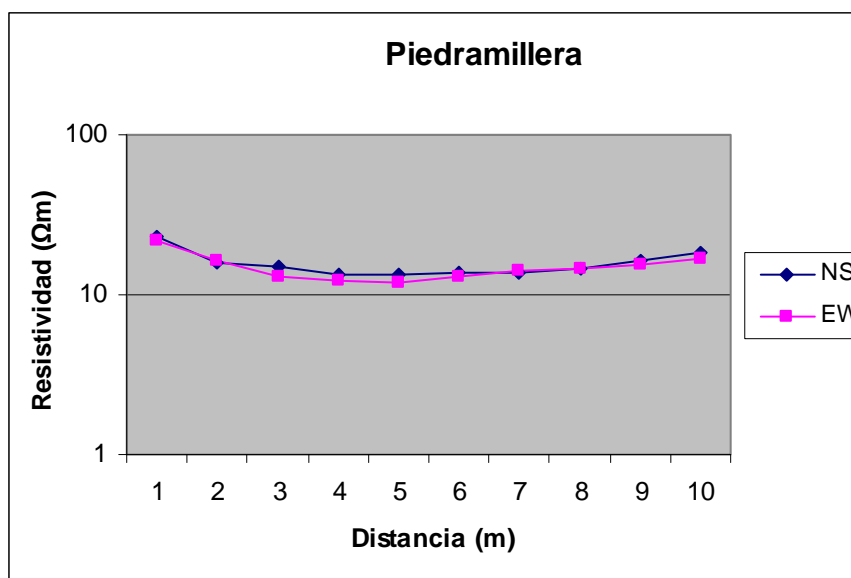
Hora 11:48

Lugar Piedramillera

Unidad cartografica 51

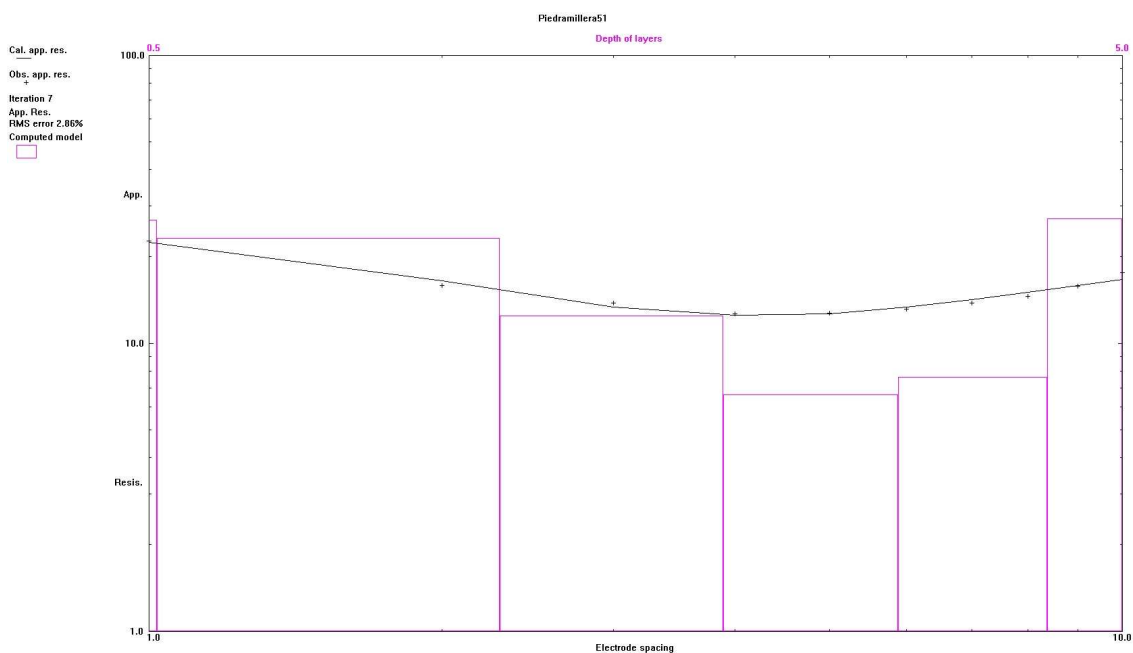
Coord. 565747 4720522 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	3,71	23,310617	1	3,5	21,991149	22,65088303
2	1,25	15,707963	2	1,28	16,084954	15,89645883
3	0,79	14,891149	3	0,68	12,817698	13,8544236
4	0,53	13,320353	4	0,48	12,063716	12,69203432
5	0,43	13,508848	5	0,38	11,938052	12,72345025
6	0,36	13,57168	6	0,34	12,817698	13,19468915
7	0,31	13,634512	7	0,32	14,074335	13,8544236
8	0,29	14,57699	8	0,29	14,57699	14,57698991
9	0,29	16,399114	9	0,27	15,26814	15,83362697
10	0,29	18,221237	10	0,27	16,9646	17,59291886

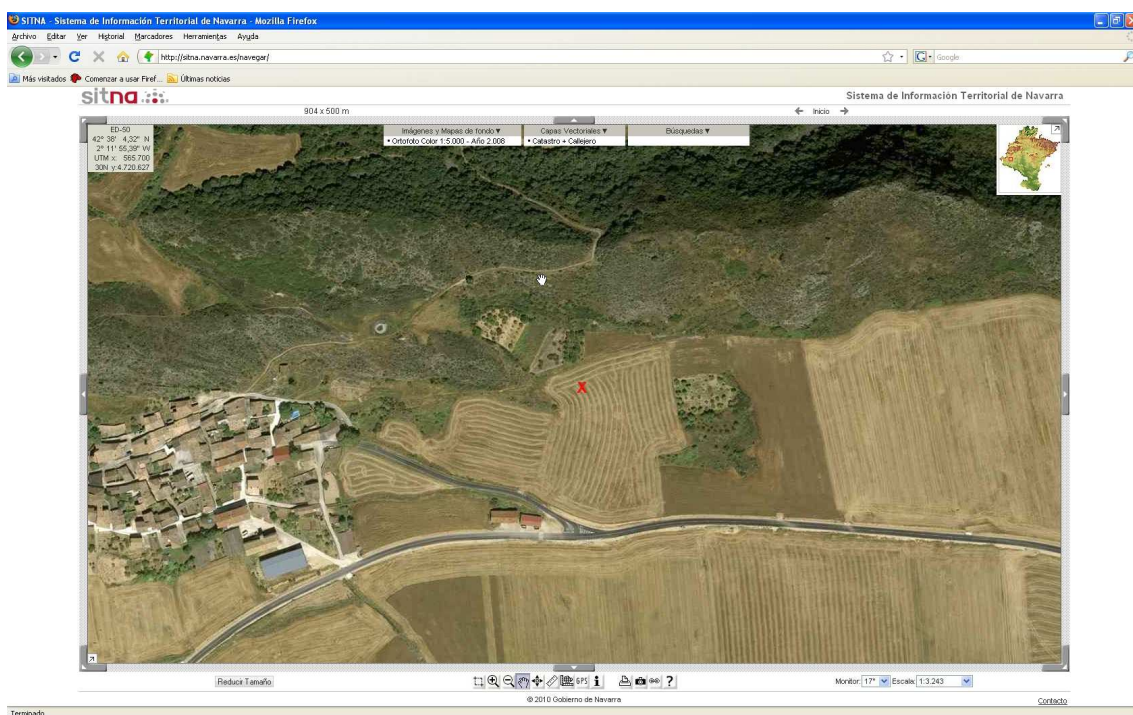




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Berasain 52**

Fecha 19 de noviembre de 2009

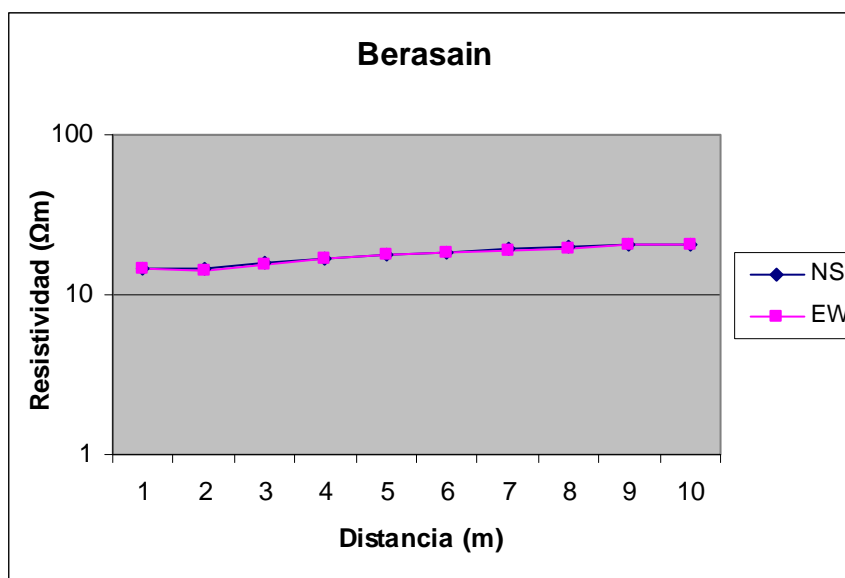
Hora 9:30

Lugar Berasain

Unidad cartografica 52

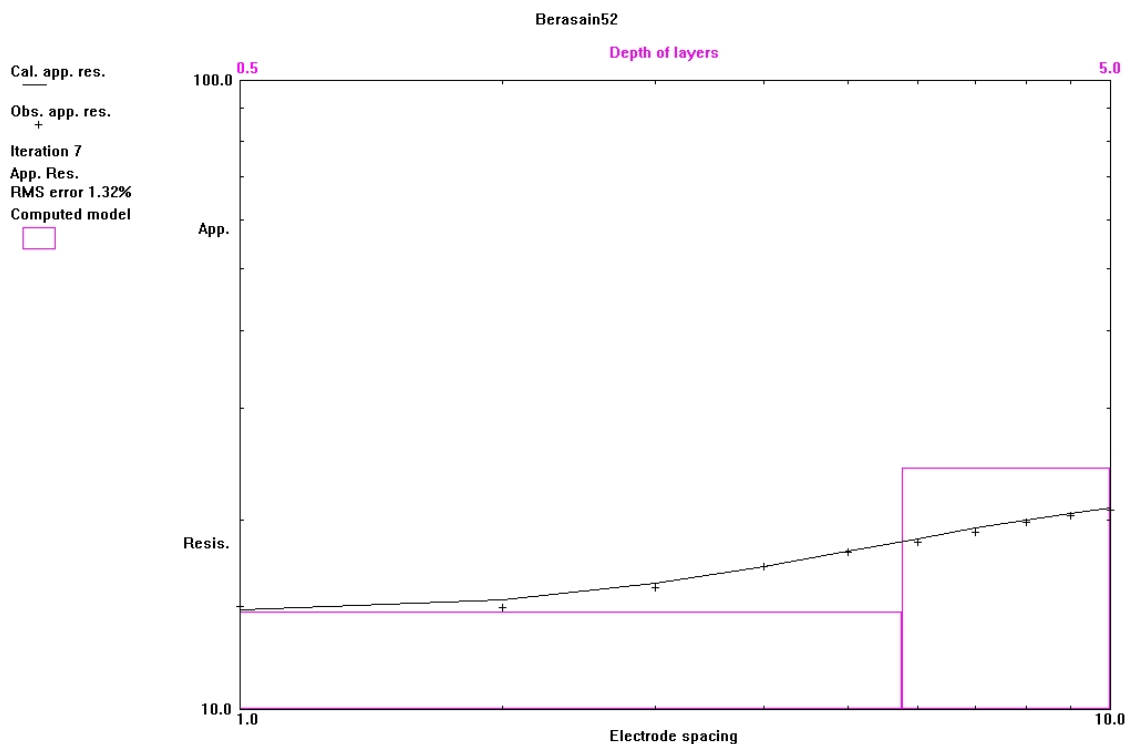
Coord. 604269 4755914 Error 4 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	2,32	14,57699	1	2,33	14,639822	14,60840584
2	1,17	14,702654	2	1,14	14,325663	14,51415806
3	0,84	15,833627	3	0,82	15,456636	15,64513141
4	0,67	16,838937	4	0,67	16,838937	16,83893662
5	0,57	17,907078	5	0,56	17,592919	17,74999849
6	0,49	18,472565	6	0,49	18,472565	18,4725648
7	0,44	19,352211	7	0,43	18,912388	19,13229926
8	0,4	20,106193	8	0,39	19,603538	19,85486557
9	0,36	20,35752	9	0,36	20,35752	20,3575204
10	0,33	20,734512	10	0,33	20,734512	20,73451151

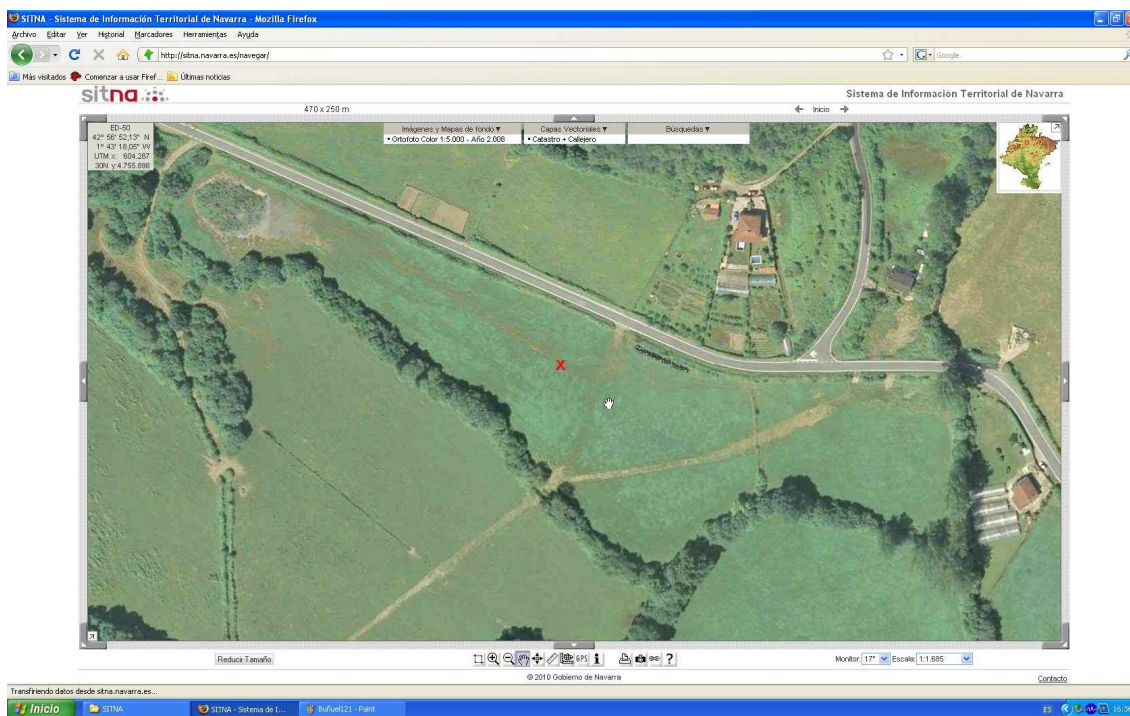




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Illarregi 52

Fecha 19 de noviembre de 2009

Hora 13:02

Lugar Illarregi

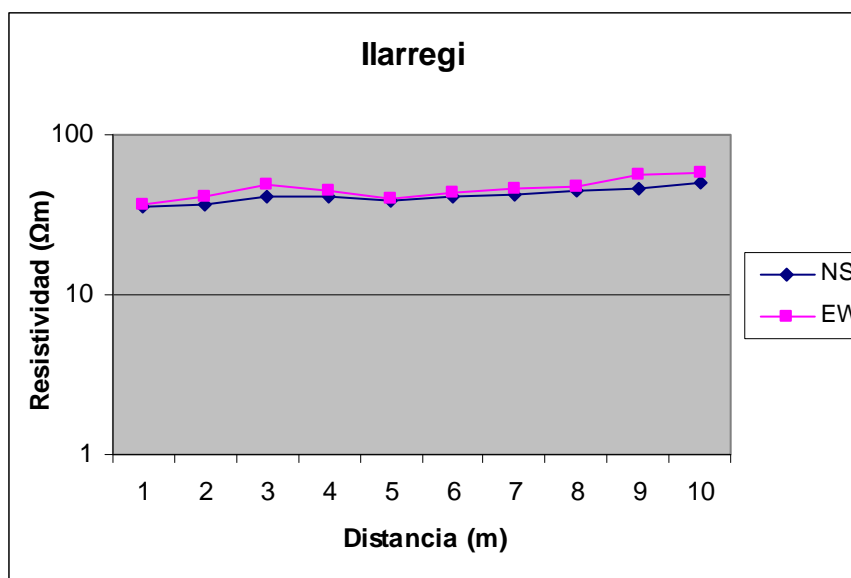
Unidad cartografica 52

Coord. 601997 4761137 Error 2 m

Orientación NS

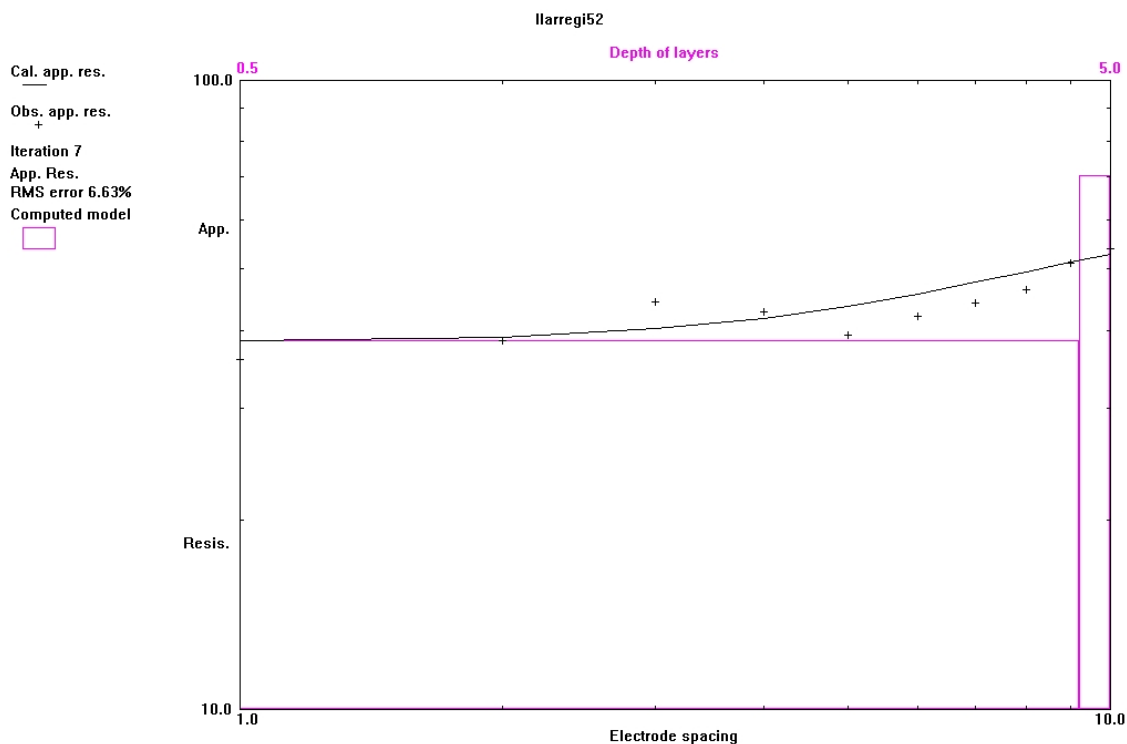
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	5,6	35,185838	1	5,86	36,819466	36,00265181
2	2,9	36,442475	2	3,23	40,589377	38,51592593
3	2,15	40,526545	3	2,57	48,443359	44,48495197
4	1,64	41,217696	4	1,77	44,484952	42,85132379
5	1,24	38,955749	5	1,27	39,898227	39,4269878
6	1,09	41,092032	6	1,15	43,353979	42,22300526
7	0,96	42,223005	7	1,05	46,181412	44,20220864
8	0,9	45,238934	8	0,95	47,752208	46,49557127
9	0,82	46,369908	9	0,99	55,983181	51,17654433
10	0,79	49,637164	10	0,93	58,433623	54,03539364

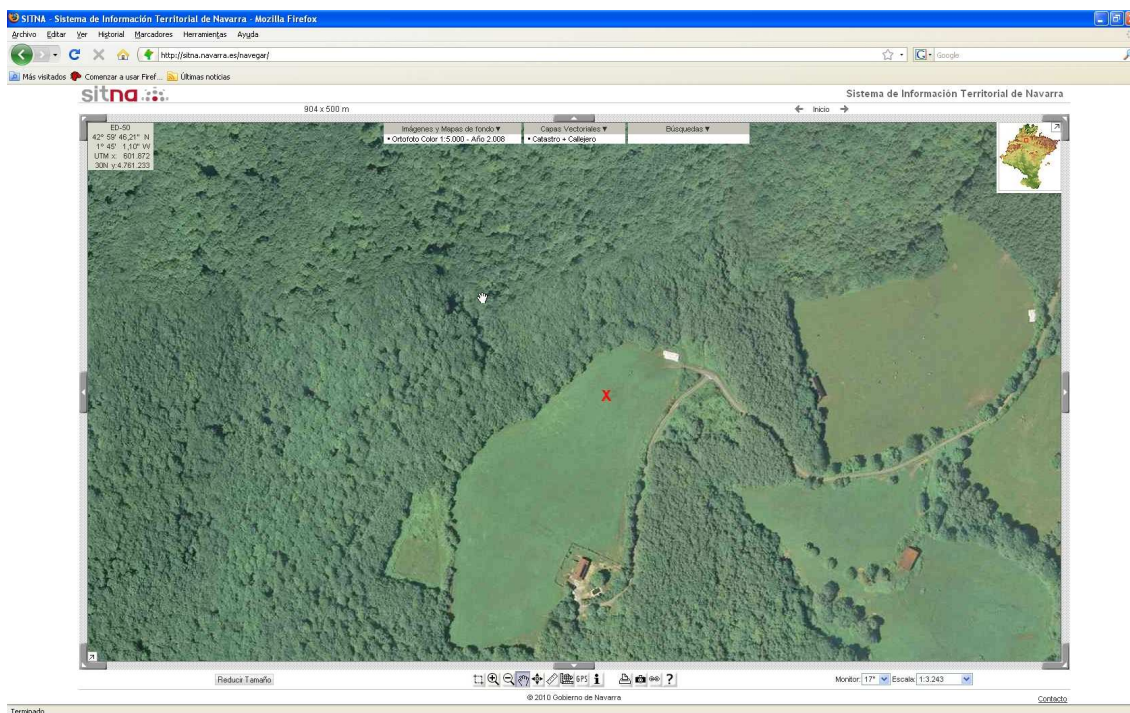




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Iraizotz 52

Fecha 27 de oct de 2009

Hora 15:45

Lugar Iraizotz

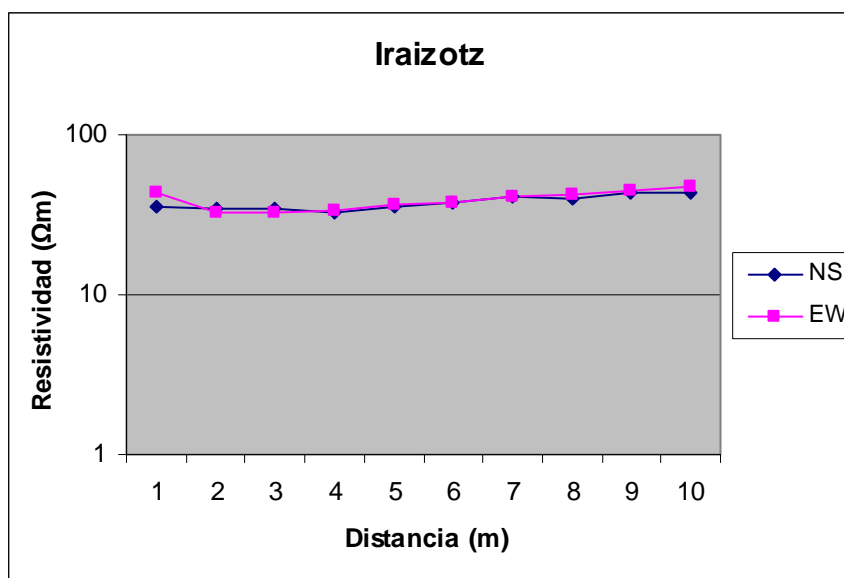
Unidad cartografica 52

Coord. 608226 4760920 Error 2 m

Orientación NS

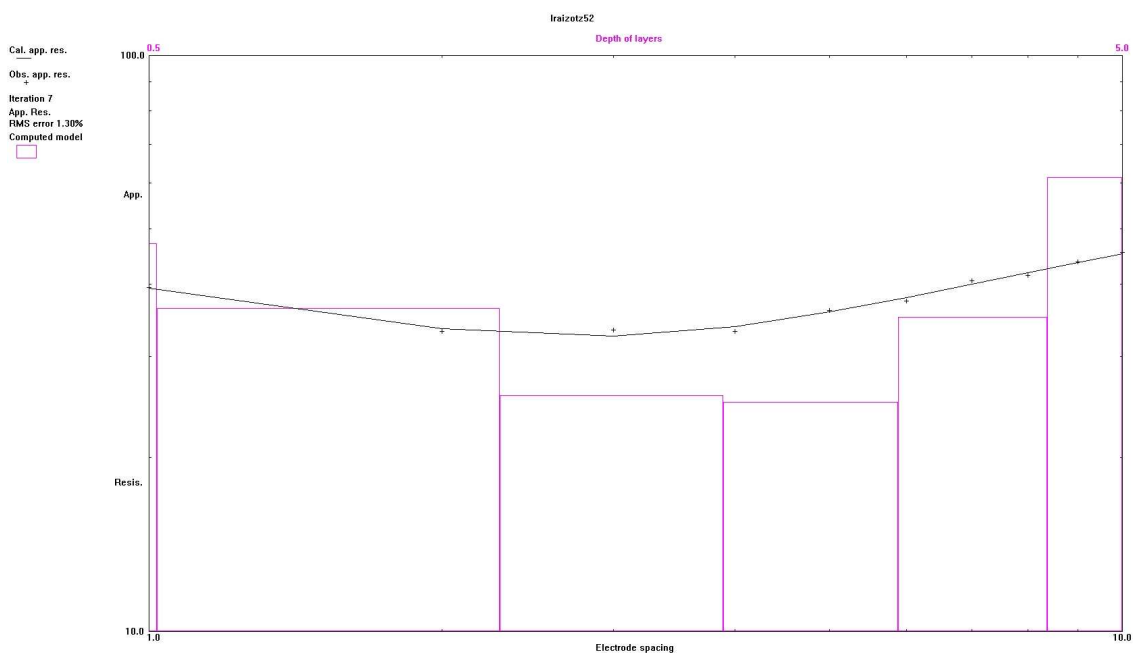
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	5,65	35,499997	1	6,95	43,668138	39,58406744
2	2,71	34,054864	2	2,57	32,295572	33,17521842
3	1,81	34,117696	3	1,73	32,609732	33,36371398
4	1,31	32,923891	4	1,33	33,426546	33,17521842
5	1,14	35,814156	5	1,16	36,442475	36,12831552
6	0,99	37,322121	6	1	37,699112	37,51061628
7	0,92	40,463713	7	0,93	40,903536	40,68362486
8	0,8	40,212386	8	0,85	42,72566	41,46902303
9	0,76	42,976988	9	0,79	44,673448	43,82521752
10	0,7	43,982297	10	0,75	47,12389	45,55309348

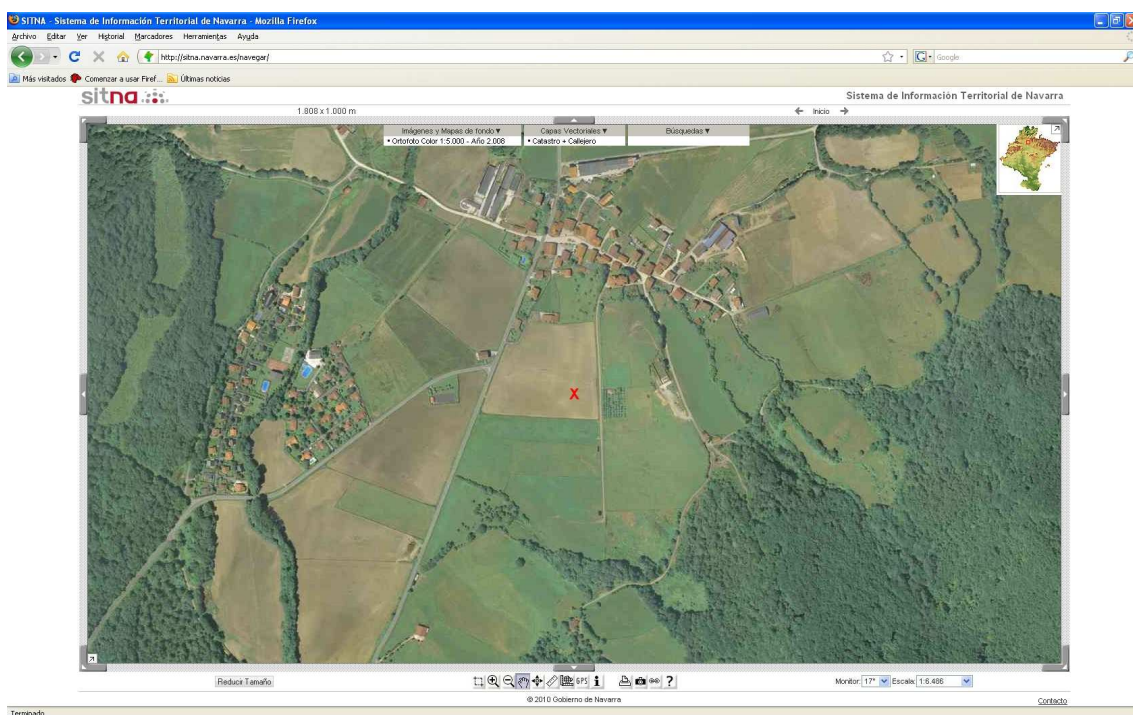




Gráfica RES1D



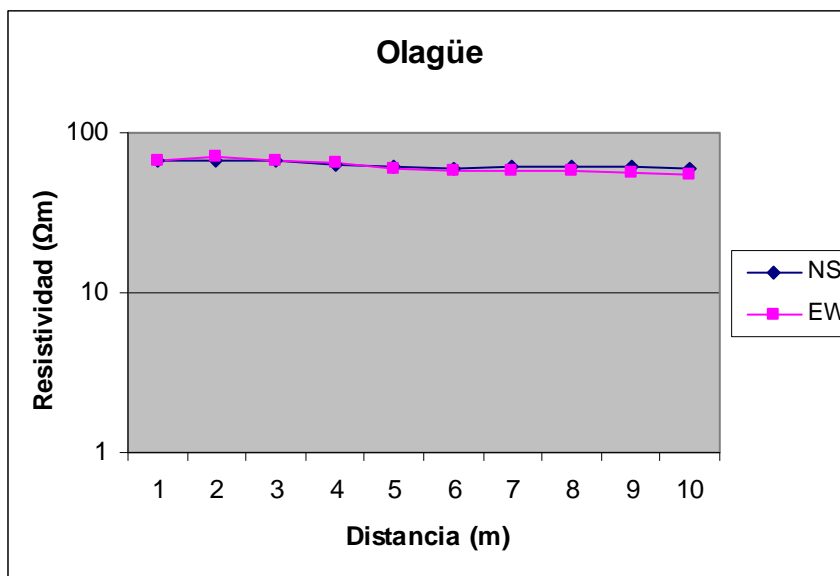
Localización SITNA



Olagüe 52

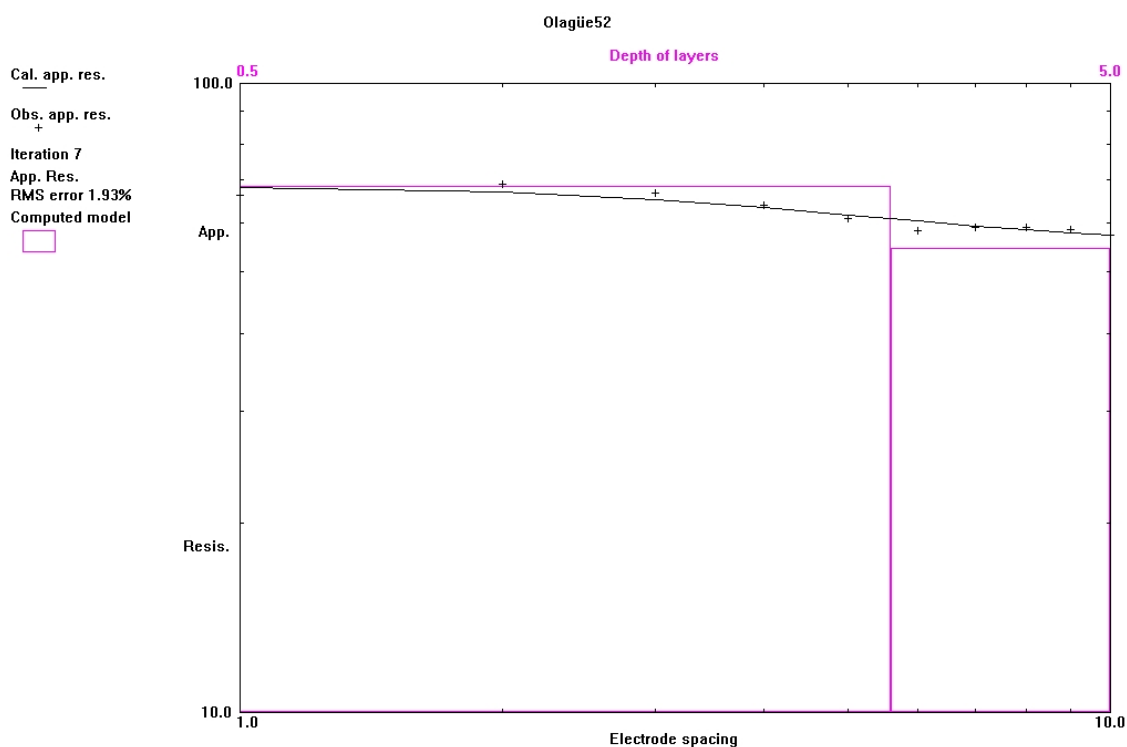
Fecha 26 de octubre de 2009
 Hora 16:25
 Lugar Olagüe prado al lado de la N-121
 Unidad cartografica 52
 Coord. 612152 4759197 Error 5m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	10,59	66,538932	1	10,51	66,036278	66,28760499
2	5,3	66,601764	2	5,69	71,502649	69,05220653
3	3,51	66,161941	3	3,58	67,48141	66,82167574
4	2,49	62,580526	4	2,61	65,596455	64,08849013
5	1,96	61,575216	5	1,92	60,318579	60,94689748
6	1,58	59,564597	6	1,52	57,30265	58,43362336
7	1,38	60,69557	7	1,31	57,616809	59,15618967
8	1,21	60,821234	8	1,14	57,30265	59,06194189
9	1,08	61,072561	9	0,99	55,983181	58,52787114
10	0,96	60,318579	10	0,87	54,663712	57,49114556

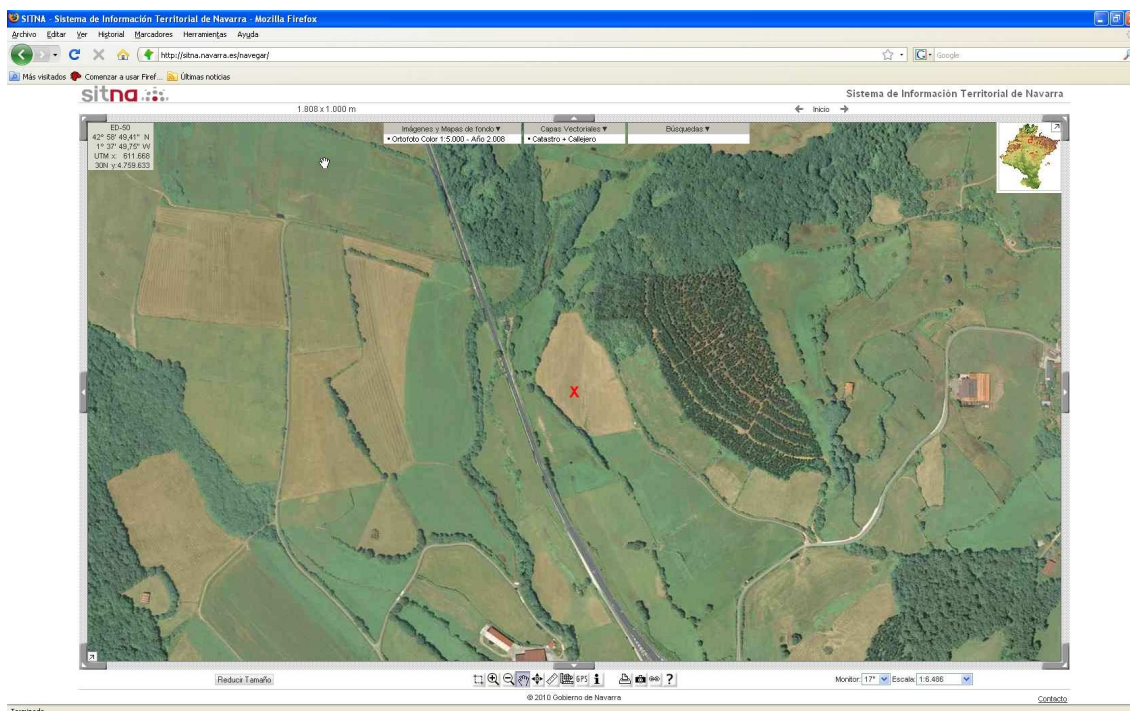




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Saldias 52

Fecha 23 de noviembre de 2009

Hora 15:30

Lugar Saldias

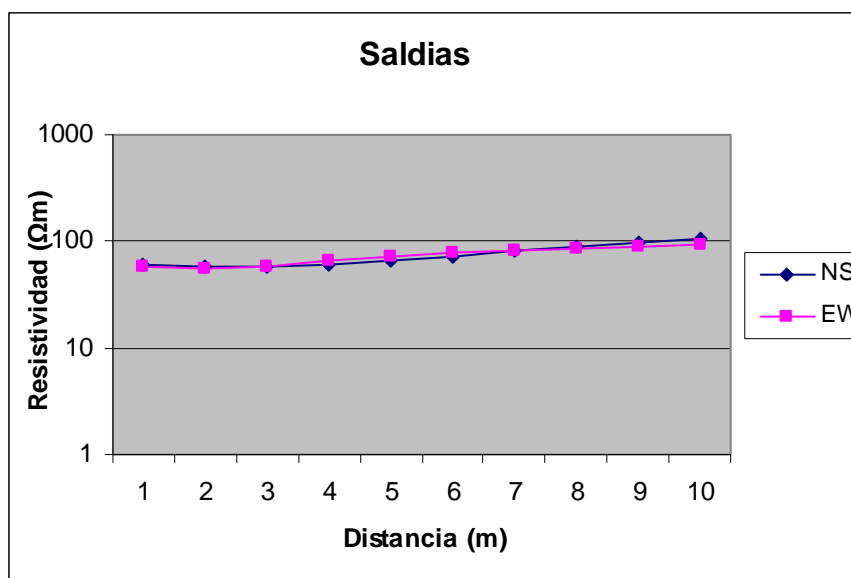
Unidad cartografica 52

Coord. 600086 4771123 Error 3 m

Orientación NS

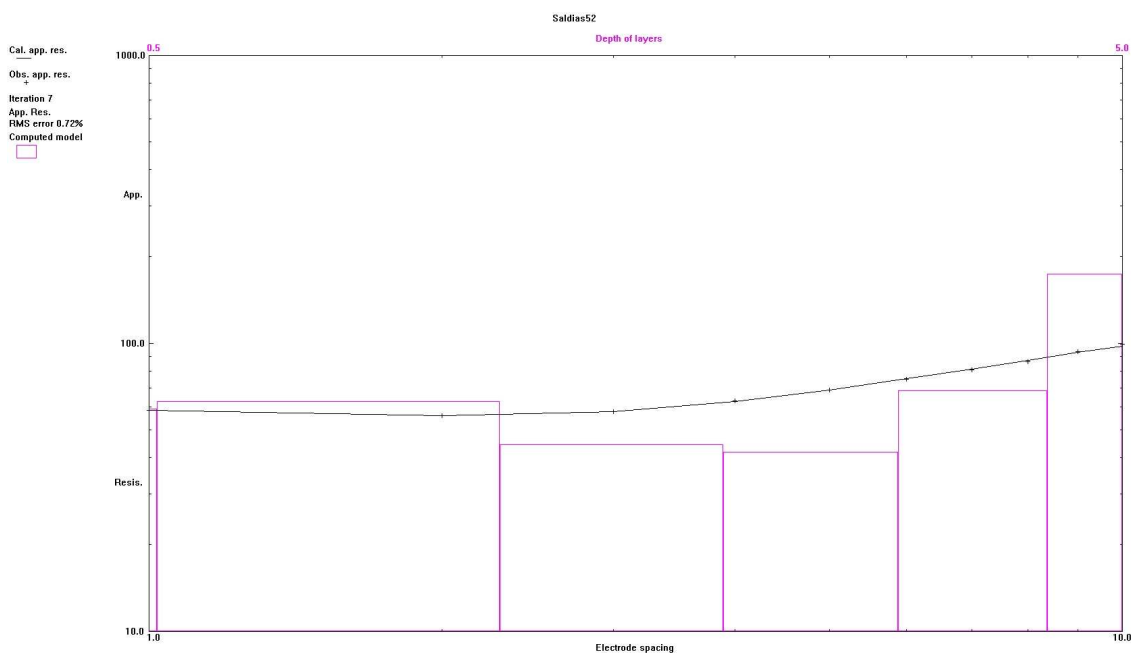
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	9,45	59,376101	1	9,22	57,9309685	58,65353484
2	4,52	56,799995	2	4,44	55,7946855	56,29734035
3	3,03	57,114154	3	3,12	58,8106145	57,96238446
4	2,44	61,323889	4	2,59	65,0937998	63,20884419
5	2,1	65,973446	5	2,3	72,256631	69,11503838
6	1,92	72,382295	6	2,06	77,6601704	75,02123257
7	1,82	80,047781	7	1,86	81,8070727	80,92742676
8	1,75	87,964594	8	1,69	84,9486654	86,45662983
9	1,71	96,698222	9	1,6	90,4778684	93,58804515
10	1,65	103,67256	10	1,51	94,8760981	99,27432785

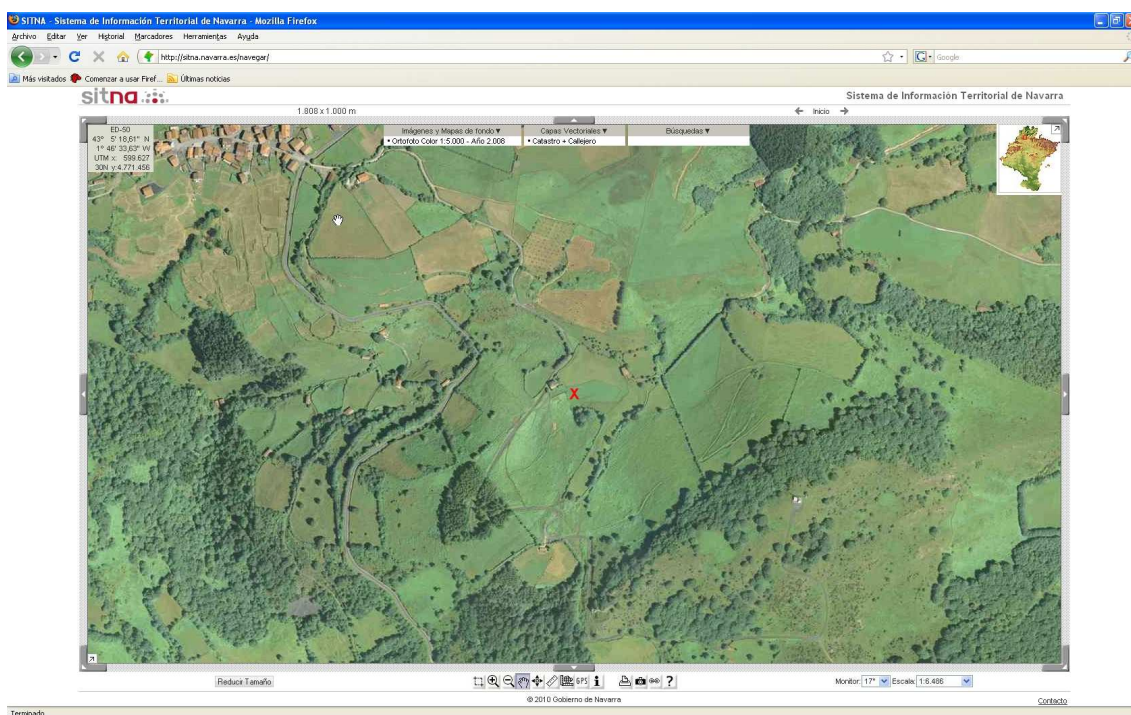




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Isaba 57

Fecha 29 de octubre de 2009

Hora 11:35

Lugar Isaba

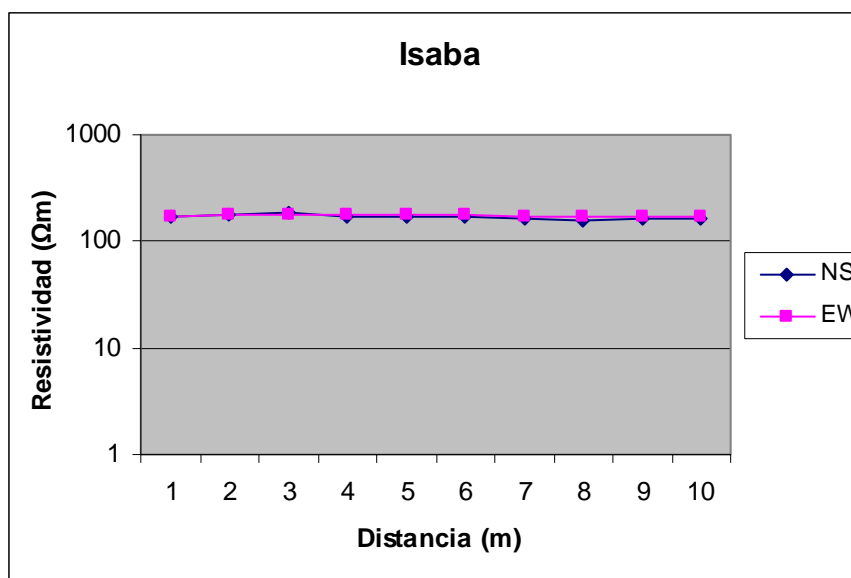
Unidad cartografica 57

Coord. 675846 4755570 Error 2 m

Orientación NS

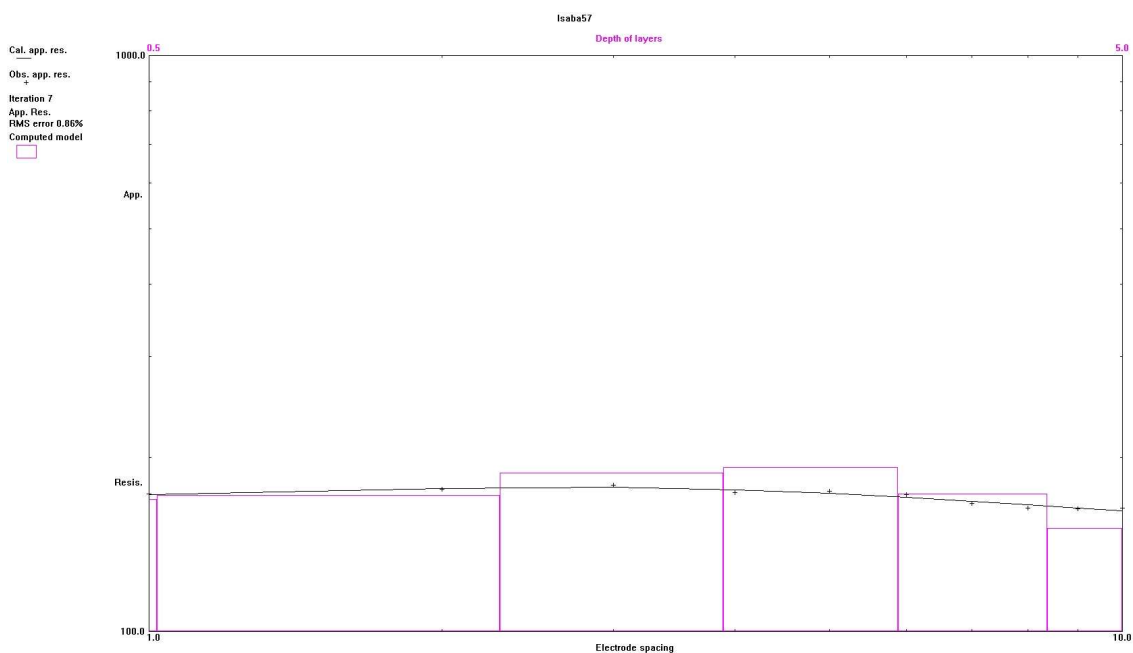
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	27,6	173,41591	1	27,5	172,7876	173,1017552
2	14,13	177,56282	2	13,95	175,30087	176,4318434
3	9,67	182,27521	3	9,36	176,43184	179,3535246
4	6,91	173,66724	4	6,94	174,42122	174,044233
5	5,51	173,10176	5	5,65	177,49998	175,3008701
6	4,52	170,39999	6	4,64	174,92388	172,6619322
7	3,7	162,7345	7	3,9	171,53096	167,1327292
8	3,11	156,32565	8	3,41	171,4053	163,8654728
9	2,83	160,03273	9	2,95	166,81857	163,4256498
10	2,55	160,22123	10	2,66	167,13273	163,6769773

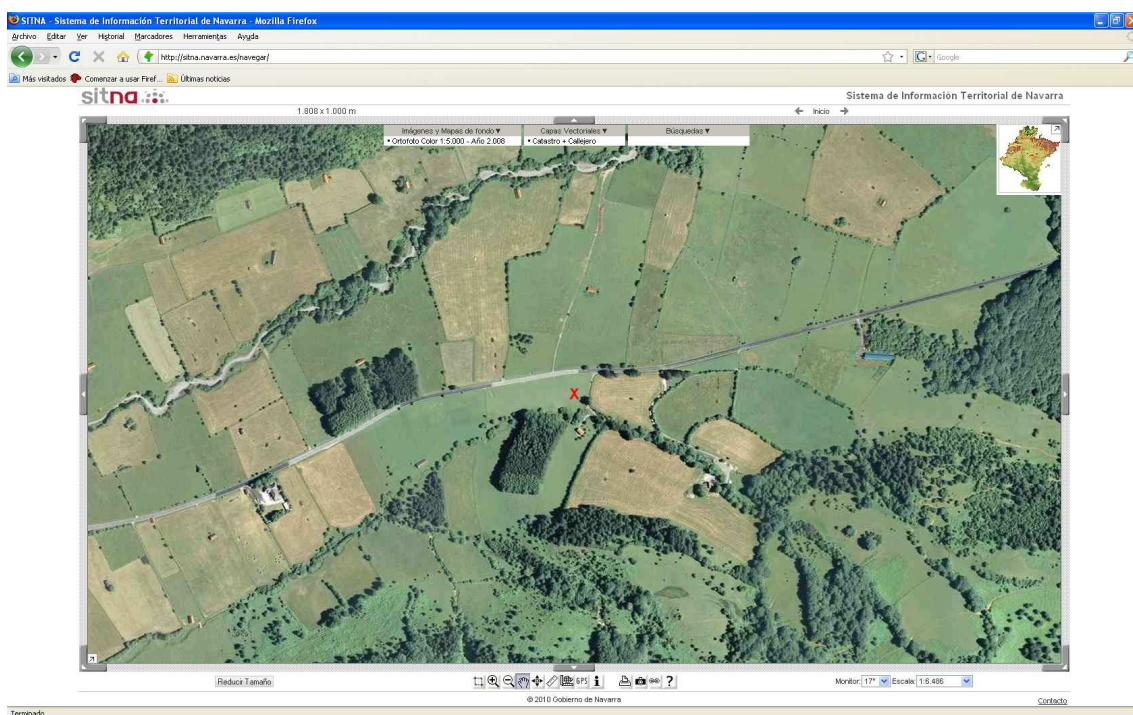




Gráfica RES1D



Localización SITNA



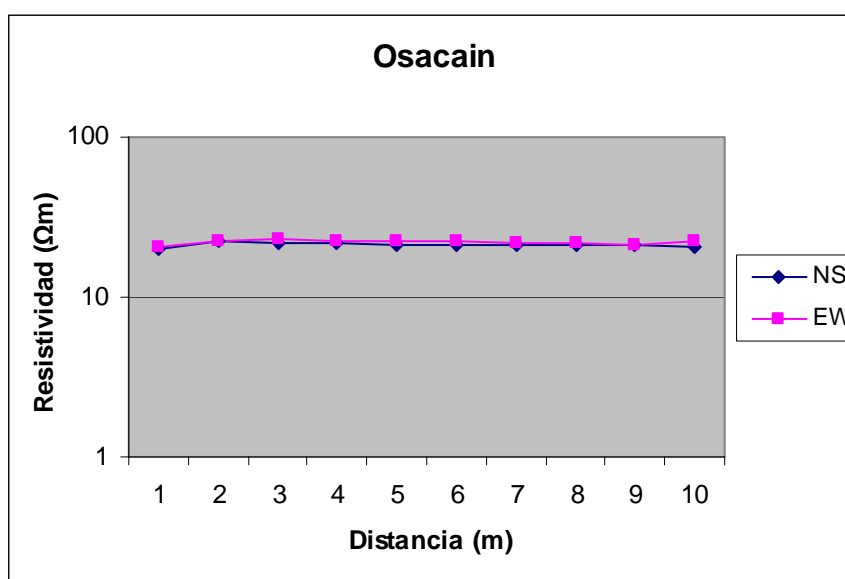


4.7 Terciario marino

Osacain 68

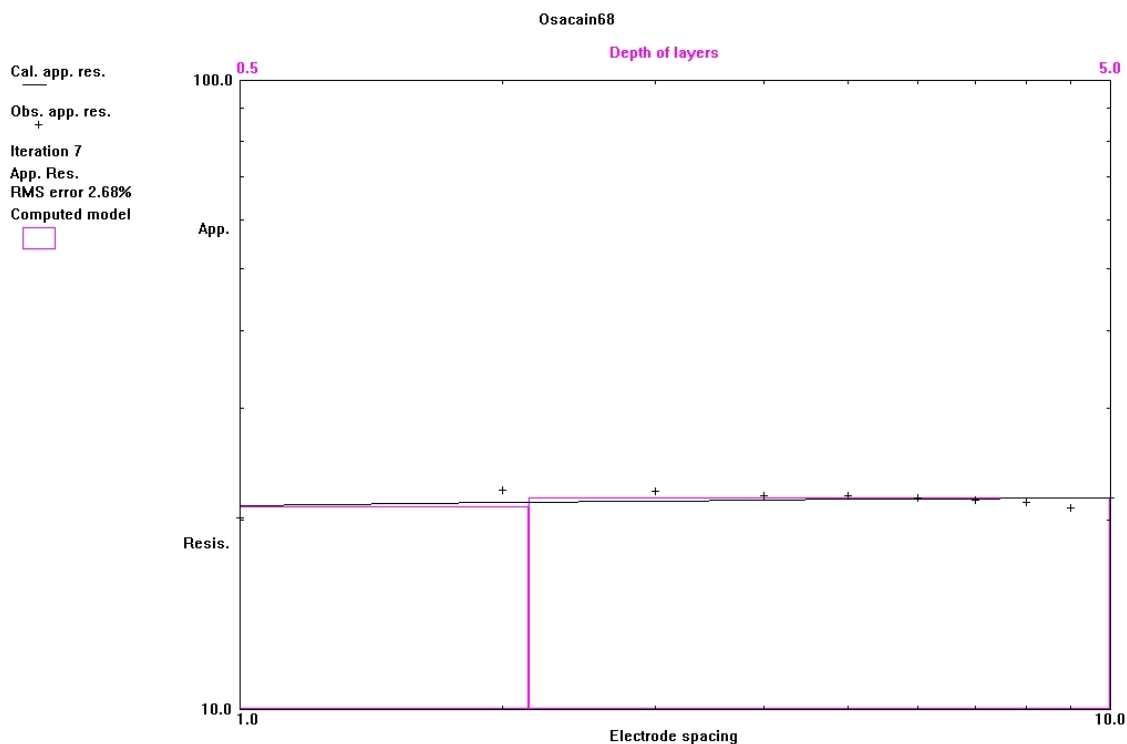
Fecha 26 de oct. de 2009
 Hora 15:20
 Lugar Osacain
 Unidad cartográfica 68
 Coord. 614798 4750462

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	3,17	19,917697	1	3,24	20,35752	20,13760891
2	1,77	22,242476	2	1,78	22,36814	22,30530784
3	1,15	21,676989	3	1,21	22,807963	22,24247599
4	0,86	21,614157	4	0,88	22,116812	21,86548487
5	0,68	21,36283	5	0,71	22,305308	21,83406894
6	0,56	21,111503	6	0,59	22,242476	21,67698931
7	0,48	21,111503	7	0,5	21,991149	21,5513256
8	0,42	21,111503	8	0,43	21,614157	21,36283004
9	0,37	20,923007	9	0,37	20,923007	20,92300707
10	0,33	20,734512	10	0,36	22,619467	21,67698931

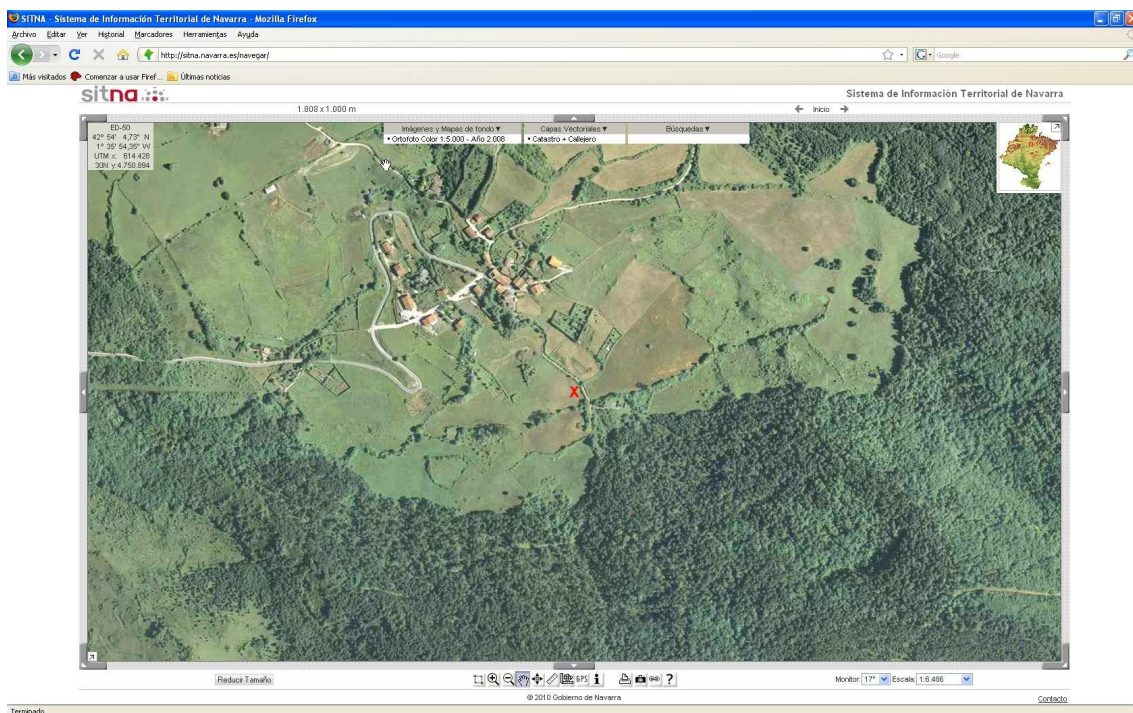




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Ustarrotz 68

Fecha 29 de octubre de 2009

Hora 12:55

Lugar Ustarrotz

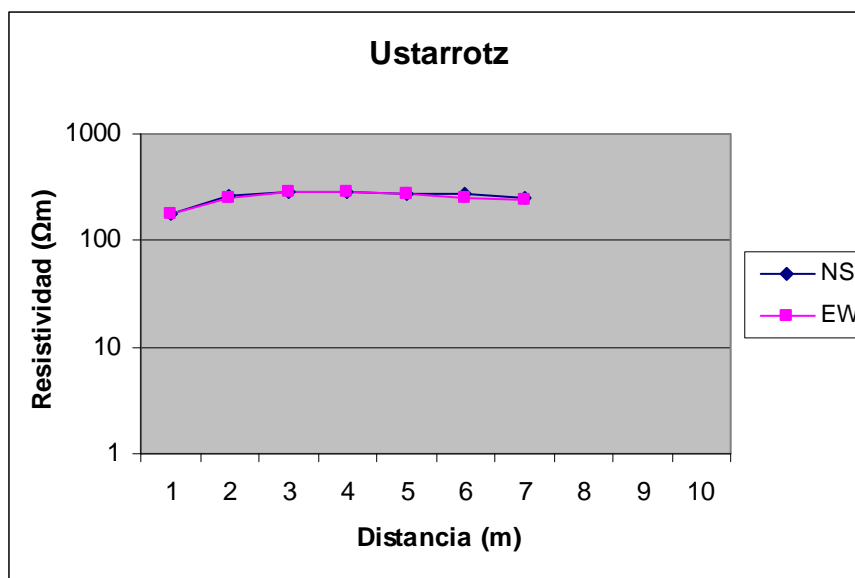
Unidad cartográfica 68

Coord. 666759 4752053 Error 3 m

Orientación NS

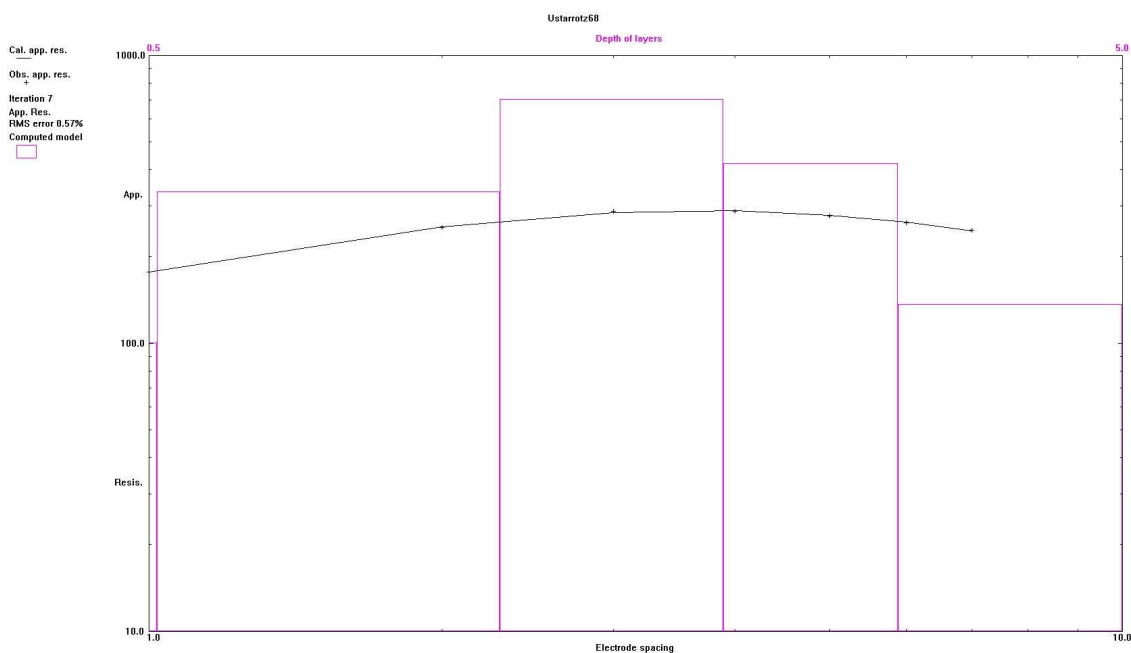
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	28,2	177,18583	1	28,1	176,55751	176,8716664
2	20,5	257,6106	2	19,78	248,56281	253,0867042
3	15,46	291,41413	3	15,05	283,68582	287,5499756
4	11,6	291,5398	4	11,36	285,50794	288,5238693
5	8,85	278,03095	5	8,79	276,14599	277,088472
6	7,16	269,92564	6	6,77	255,22299	262,574314
7	5,82	255,97697	7	5,44	239,2637	247,620333

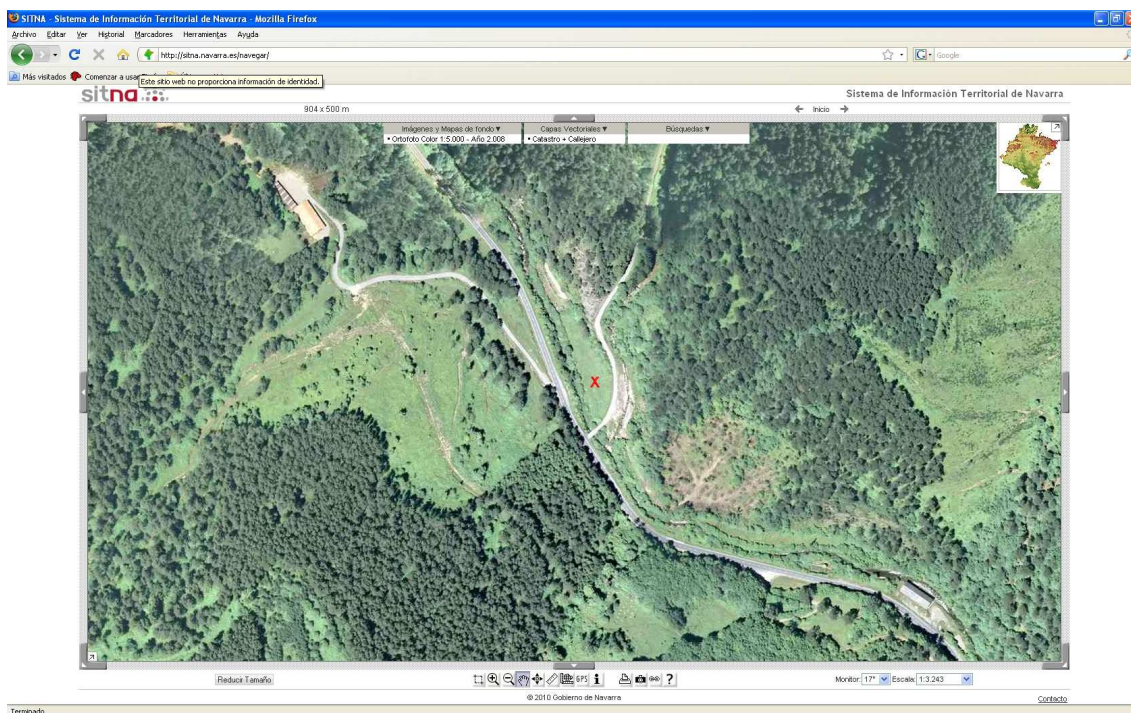




Gráfica RES1D



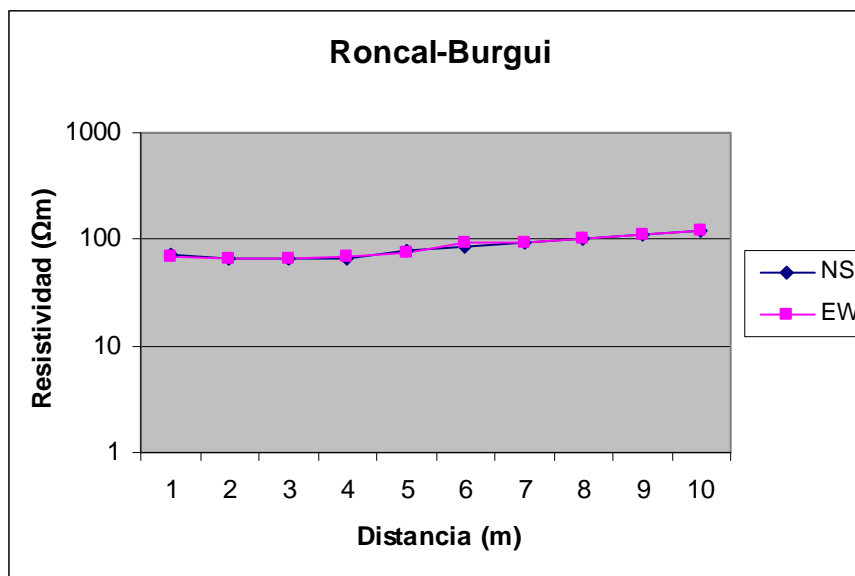
Localización SITNA



Roncal – Burgui 73

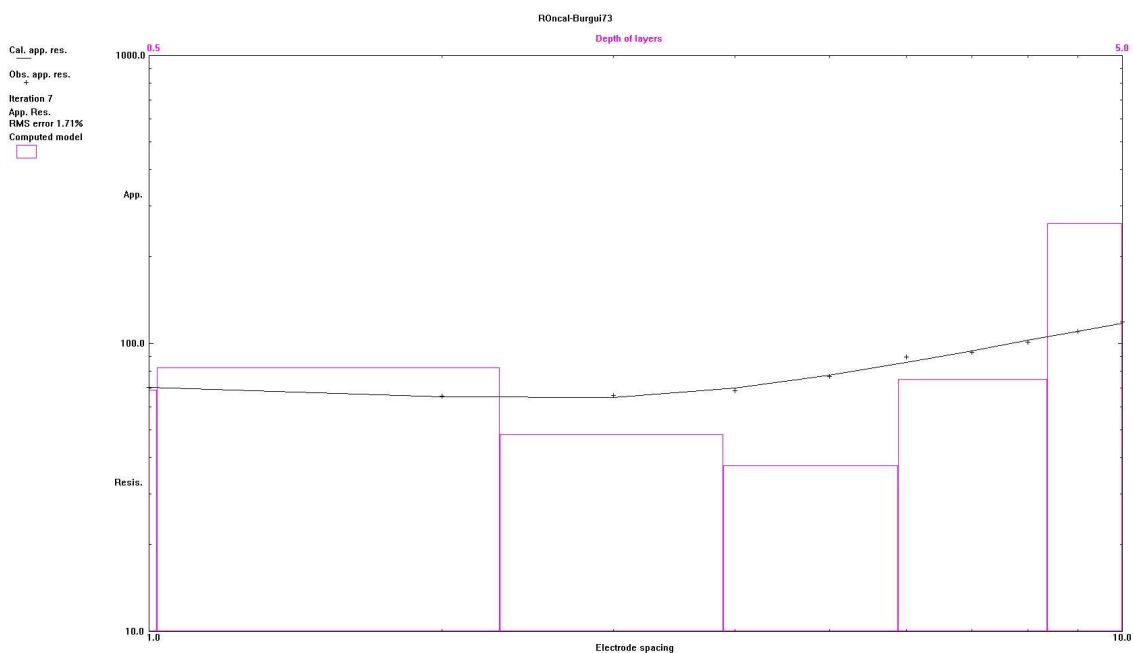
Fecha 29 de octubre de 2009
 Hora 15:10
 Lugar Carretera Roncal-Burgui
 Unidad cartográfica 73
 Coord. 665968 4735373 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	11,39	71,565481	1	10,97	68,926543	70,24601173
2	5,21	65,470791	2	5,22	65,596455	65,53362275
3	3,44	64,842472	3	3,56	67,104419	65,97344573
4	2,66	66,853092	4	2,79	70,120348	68,48671985
5	2,45	76,96902	5	2,43	76,340701	76,65486075
6	2,27	85,576984	6	2,48	93,493797	89,53539063
7	2,13	93,682293	7	2,11	92,802647	93,24246996
8	2,02	101,53627	8	2,01	101,03362	101,2849472
9	1,95	110,2699	9	1,94	109,70442	109,9871588
10	1,89	118,7522	10	1,89	118,7522	118,7522023

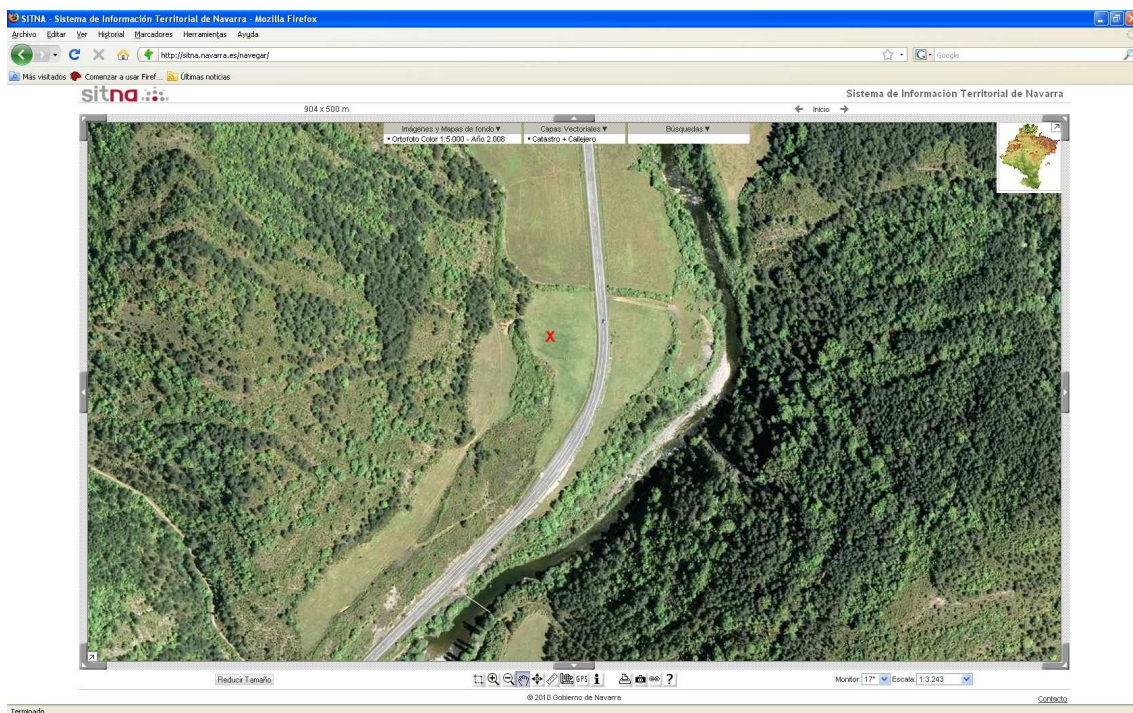




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Murugarren 77**

Fecha 17 de nov. de 2009

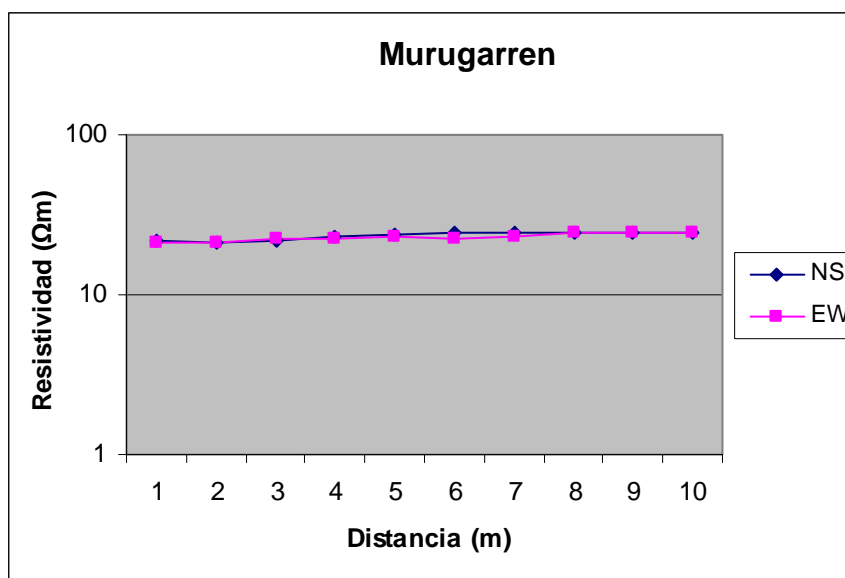
Hora 11:45

Lugar Murugarren

Unidad cartográfica 77

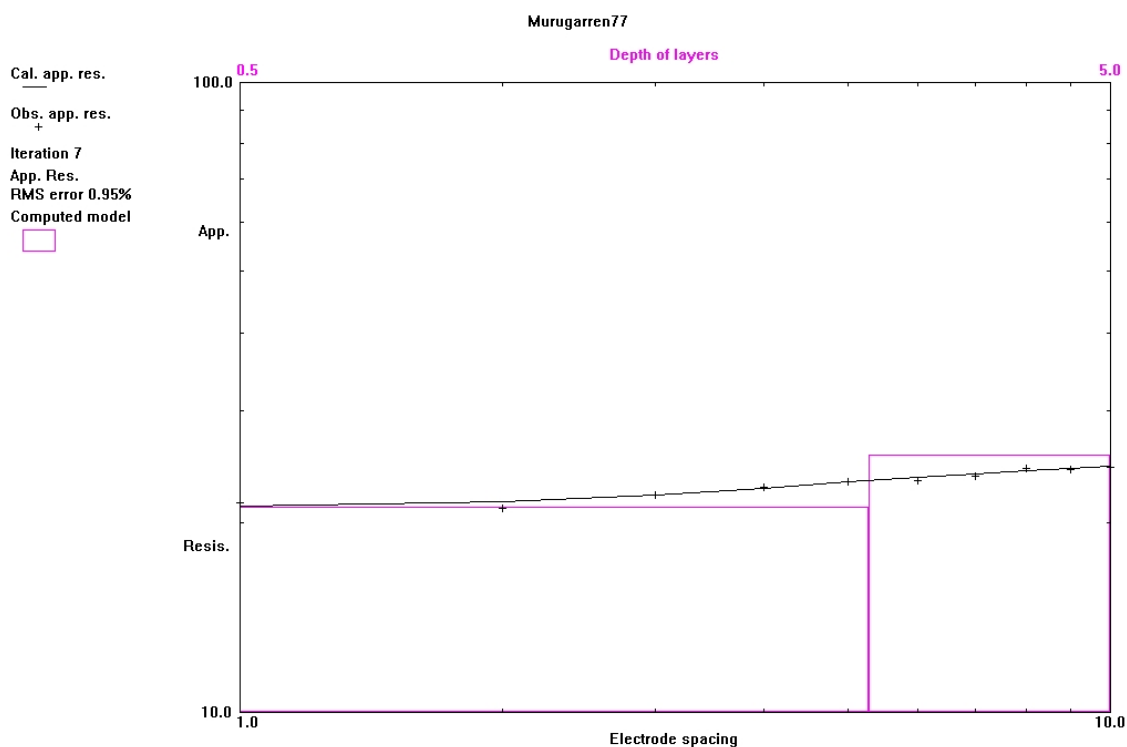
Coord. 580861 4728344 Error 4 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	3,47	21,802653	1	3,38	21,237166	21,51990968
2	1,69	21,237166	2	1,67	20,985839	21,11150263
3	1,16	21,865485	3	1,19	22,430972	22,14822821
4	0,91	22,870795	4	0,9	22,619467	22,74513081
5	0,75	23,561945	5	0,73	22,933626	23,24778564
6	0,64	24,127432	6	0,6	22,619467	23,37344934
7	0,55	24,190263	7	0,53	23,310617	23,75044046
8	0,49	24,630086	8	0,48	24,127432	24,37875899
9	0,43	24,315927	9	0,43	24,315927	24,31592714
10	0,39	24,504423	10	0,39	24,504423	24,5044227

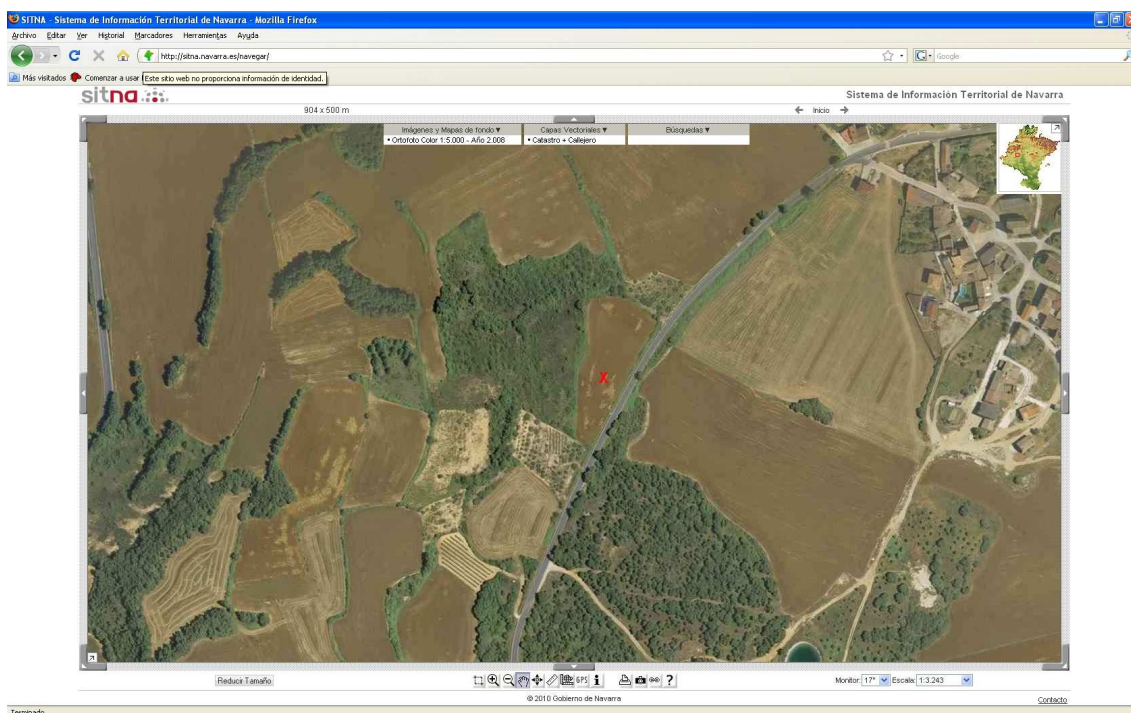




Gráfica RES1D



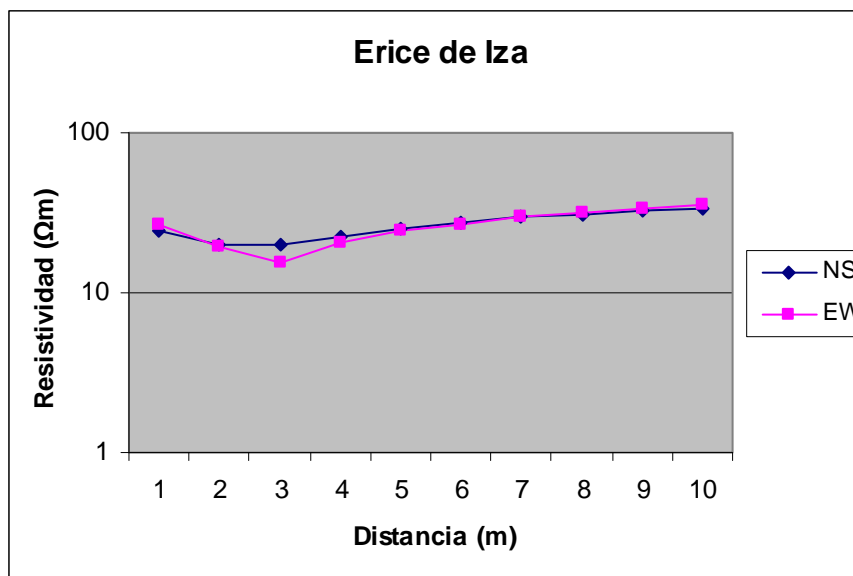
Localización SITNA



Erice de Iza 81

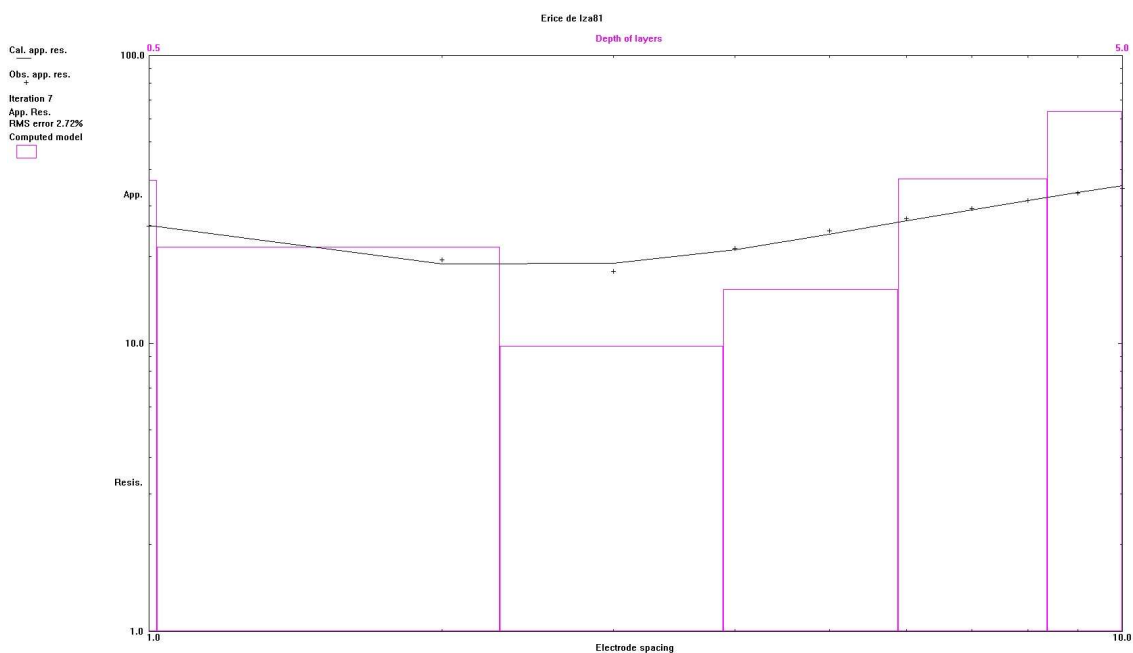
Fecha 26 de oct. de 2009
 Hora 11:50
 Lugar Erice de Iza (entre pueblo y vía de tren)
 Unidad cartográfica 81
 Coord. 600759 478474 error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	3,88	24,378759	1	4,25	26,703538	25,54114827
2	1,57	19,729202	2	1,53	19,226547	19,47787445
3	1,07	20,169025	3	0,82	15,456636	17,81283035
4	0,89	22,36814	4	0,81	20,35752	21,36283004
5	0,79	24,818582	5	0,78	24,504423	24,66150233
6	0,73	27,520352	6	0,71	26,766369	27,14336053
7	0,67	29,468139	7	0,67	29,468139	29,46813909
8	0,62	31,164599	8	0,63	31,667254	31,41592654
9	0,58	32,798227	9	0,6	33,929201	33,36371398
10	0,54	33,929201	10	0,56	35,185838	34,55751919

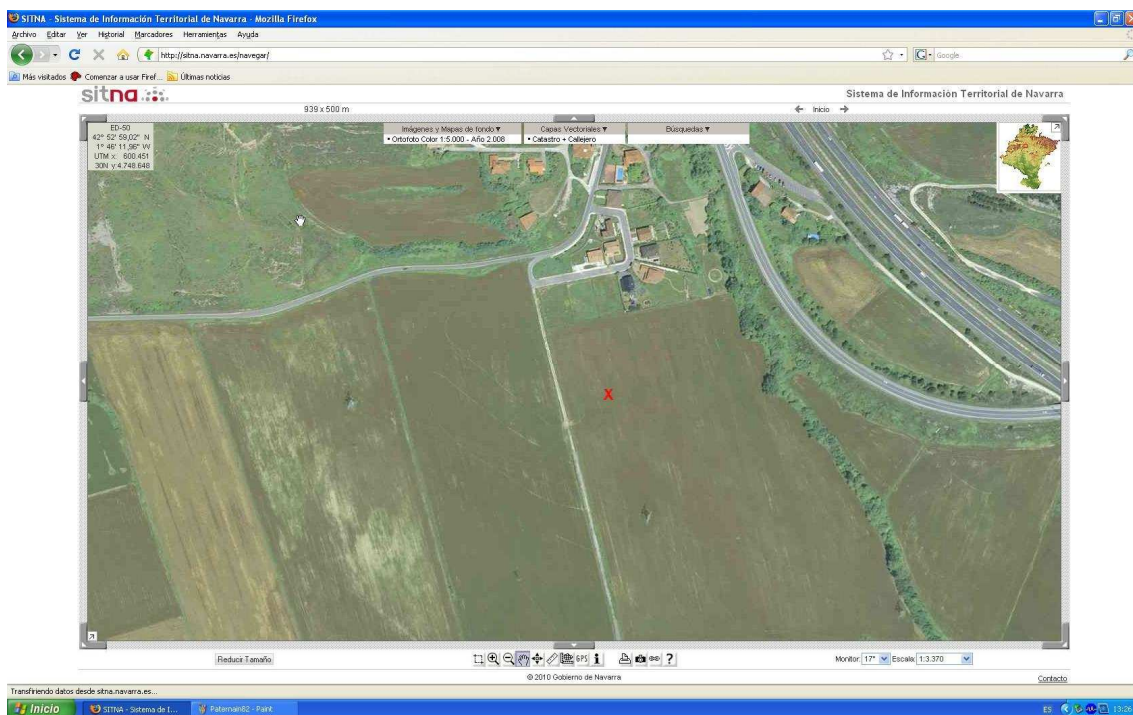




Gráfica RES1D



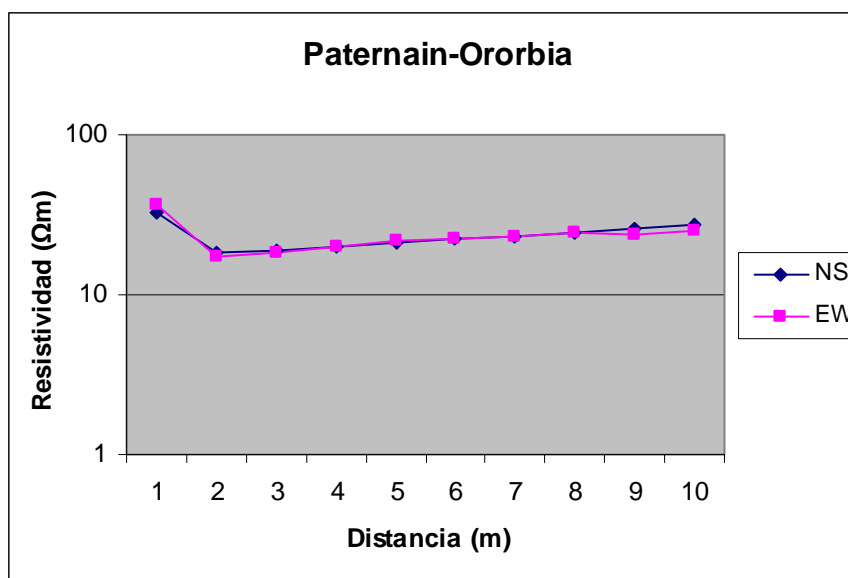
Localización SITNA



**Paternain- Ororbia 82**

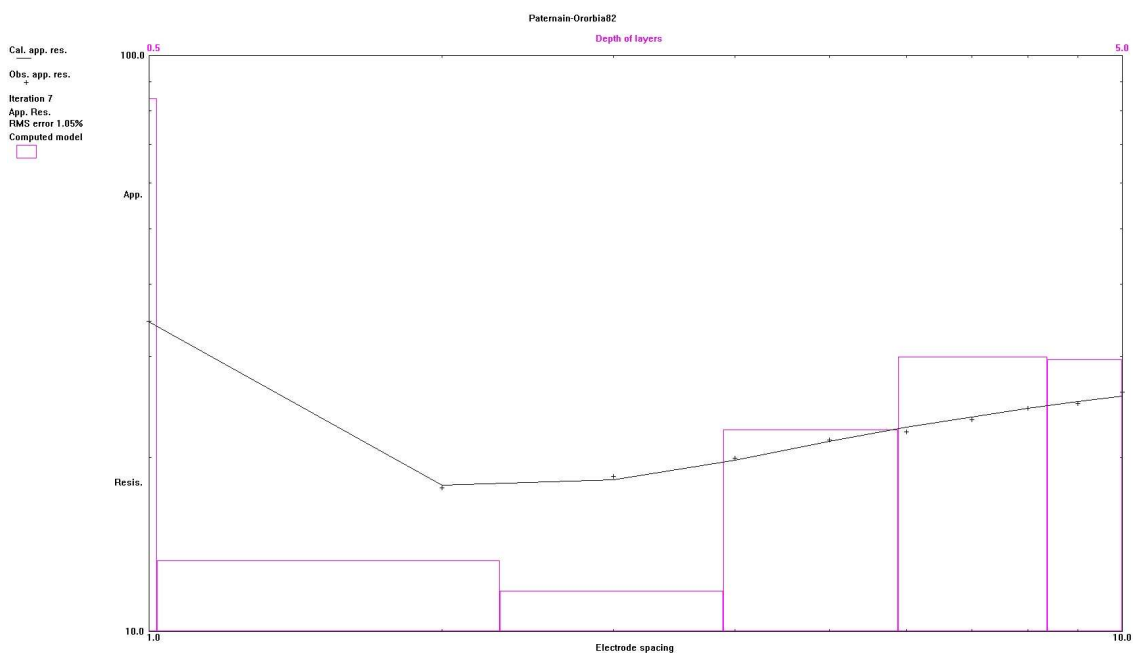
Fecha 19 de oct. de 2009
 Hora 9:25
 Lugar Paternain-Ororbia Entre los pinares
 Unidad cartográfica 82
 Coord. 603373 4739306 error 1 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	5,12	32,169909	1	5,88	36,9451296	34,55751919
2	1,44	18,095574	2	1,39	17,4672552	17,78141442
3	0,99	18,66106	3	0,98	18,4725648	18,56681258
4	0,79	19,854866	4	0,8	20,106193	19,98052928
5	0,68	21,36283	5	0,69	21,6769893	21,51990968
6	0,59	22,242476	6	0,59	22,242476	22,24247599
7	0,53	23,310617	7	0,53	23,3106175	23,31061749
8	0,49	24,630086	8	0,48	24,1274316	24,37875899
9	0,46	26,012387	9	0,42	23,7504405	24,88141382
10	0,43	27,017697	10	0,4	25,1327412	26,07521902

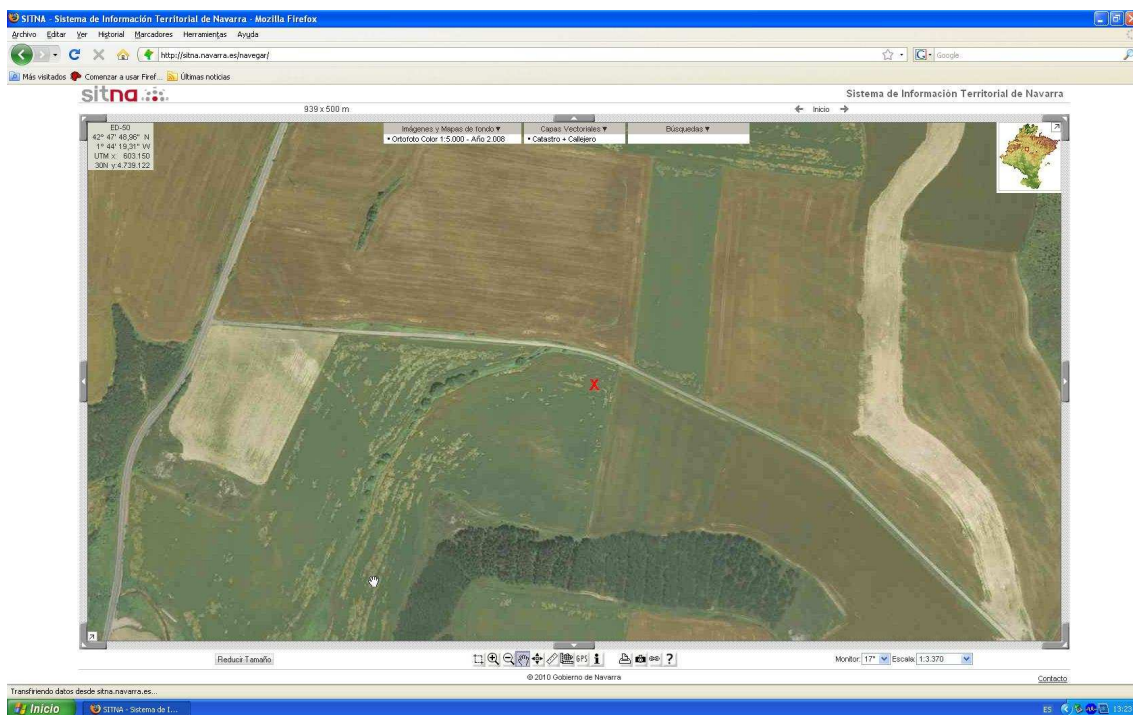




Gráfica RES1D



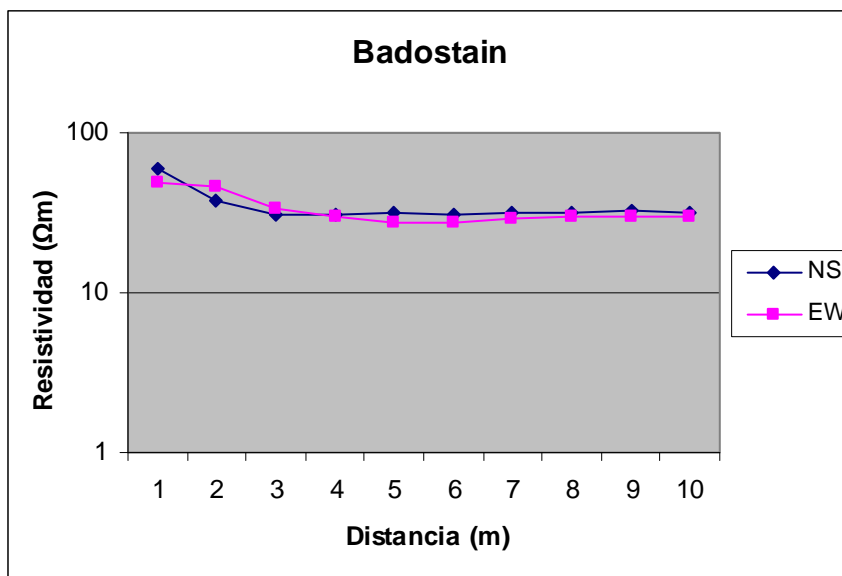
Localización SITNA



**Badostain 82**

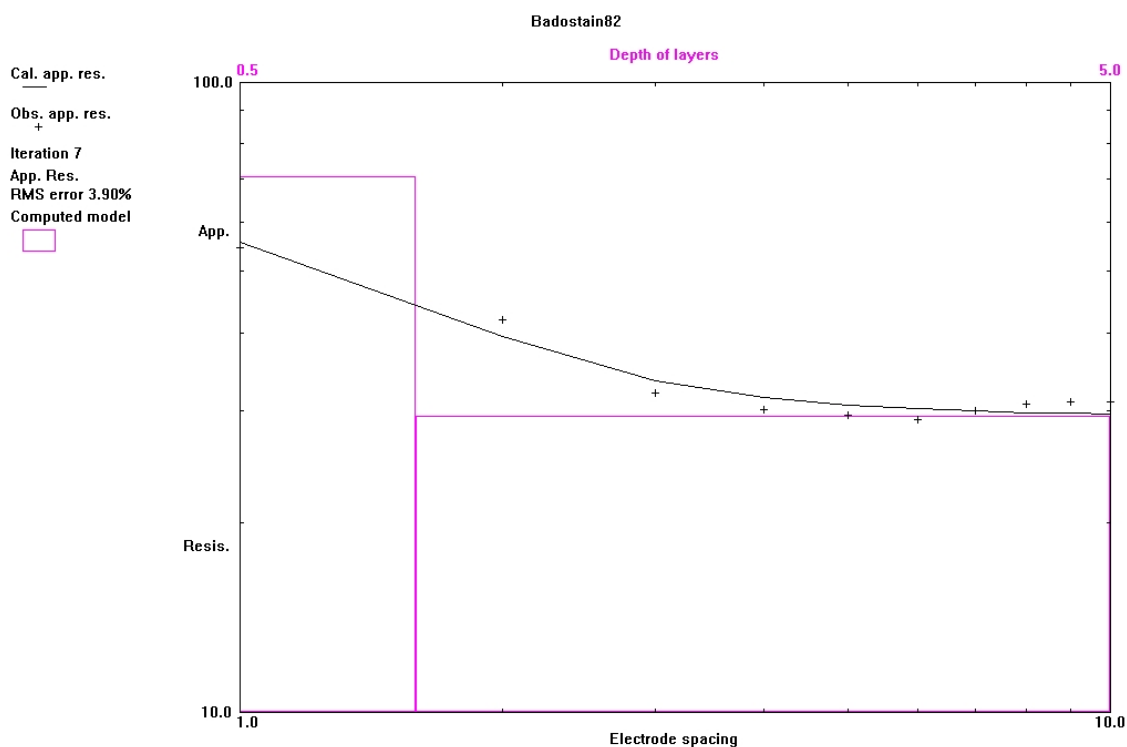
Fecha 16 de oct. de 2009
 Hora 9:39
 Lugar Badostain, cerca del depósito de aguas
 Unidad cartográfica 82
 Coord. 614362 4740009

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	9,58	60,192915	1	7,85	49,323005	54,75795995
2	2,99	37,573448	2	3,69	46,369908	41,97167785
3	1,64	30,913272	3	1,77	33,363714	32,13849285
4	1,23	30,913272	4	1,18	29,656635	30,28495318
5	1,01	31,730086	5	0,88	27,646015	29,68805058
6	0,82	30,913272	6	0,73	27,520352	29,21681168
7	0,71	31,227431	7	0,66	29,028316	30,12787355
8	0,63	31,667254	8	0,6	30,159289	30,91327171
9	0,57	32,232741	9	0,53	29,970794	31,10176727
10	0,51	32,044245	10	0,48	30,159289	31,10176727

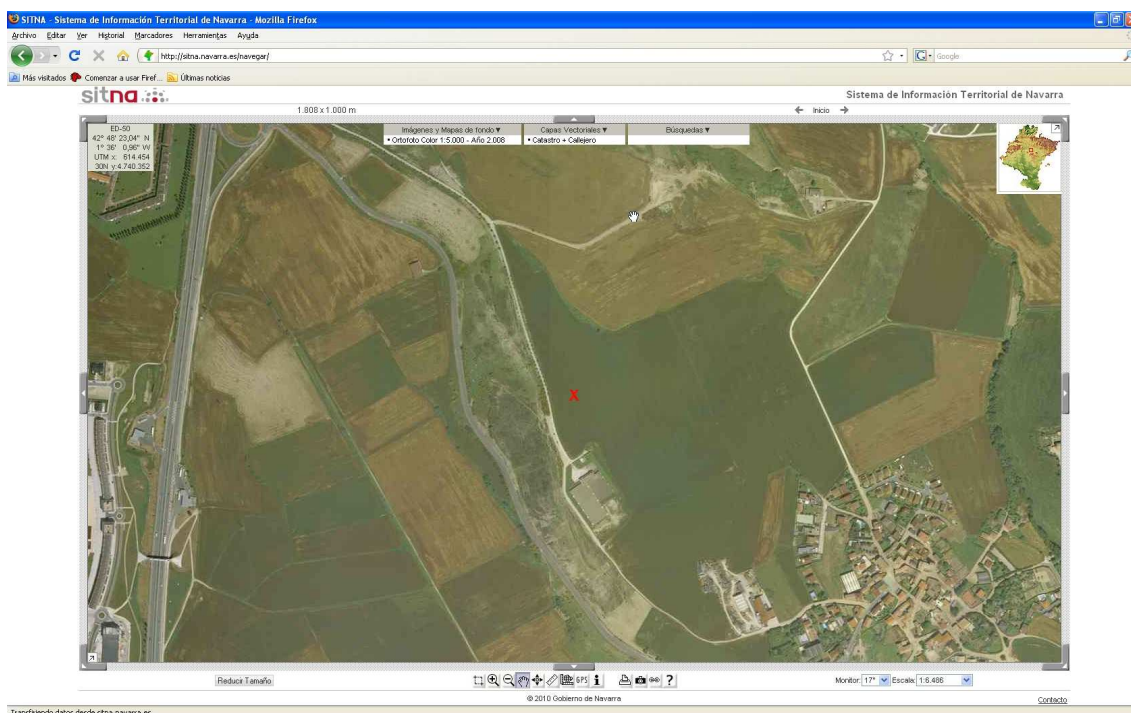




Gráfica RES1D



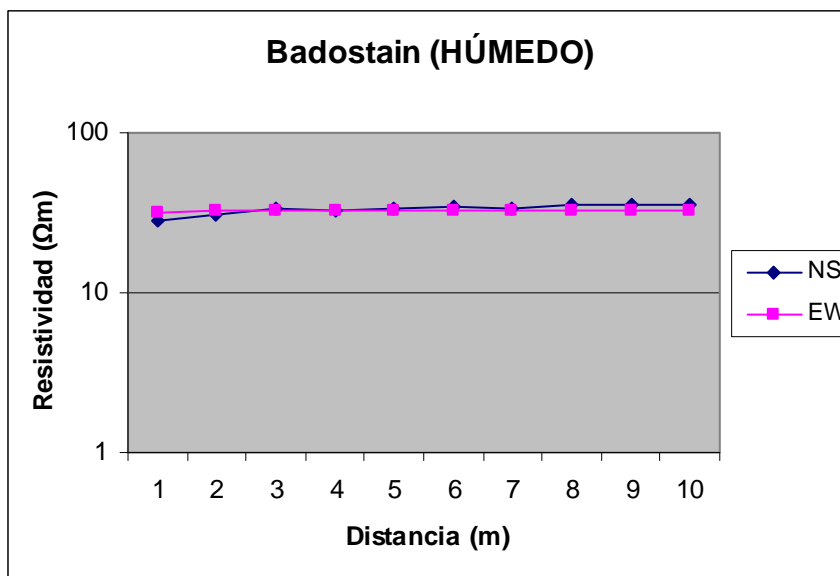
Localización SITNA



**Badostain (Húmedo) 82**

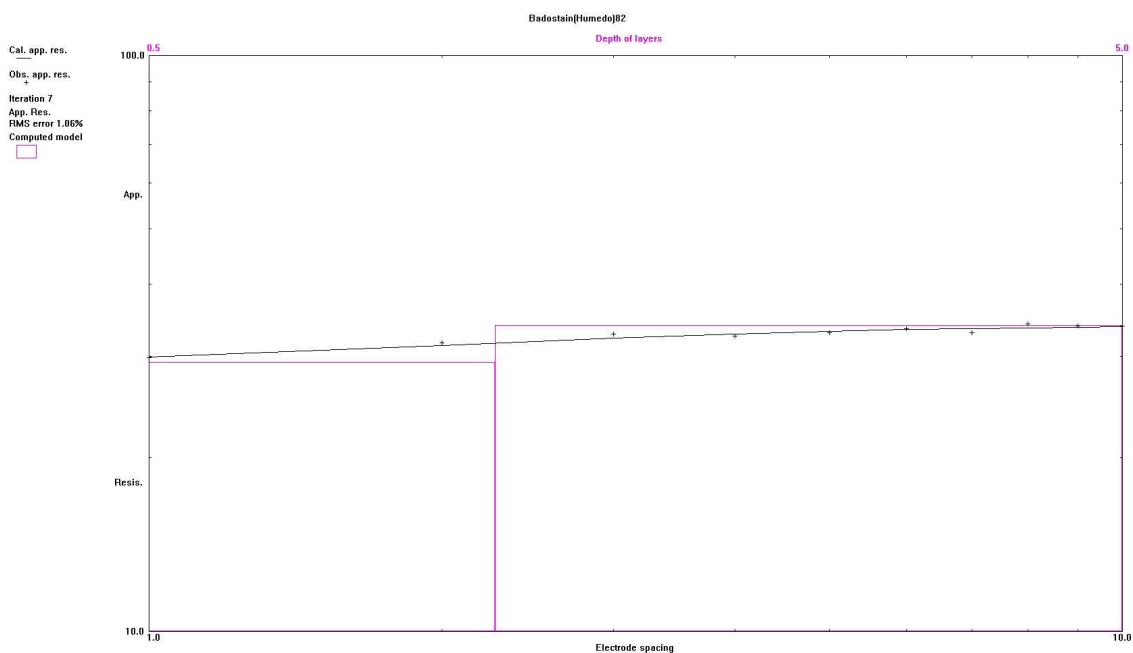
Fecha 22 de Febrero de 2010
 Hora 16:40
 Lugar Badostain, cerca del depósito de aguas
 Unidad cartográfica 82
 Coord. 614362 4740009

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	4,53	28,462829	1	4,98	31,2902628	29,87654614
2	2,48	31,164599	2	2,57	32,2955725	31,7300858
3	1,76	33,175218	3	1,72	32,4212362	32,7982273
4	1,31	32,923891	4	1,28	32,1699088	32,54689989
5	1,07	33,615041	5	1,03	32,3584043	32,98672286
6	0,92	34,683183	6	0,86	32,4212362	33,55220954
7	0,77	33,866369	7	0,73	32,1070769	32,98672286
8	0,71	35,688493	8	0,65	32,6725636	34,18052807
9	0,62	35,060174	9	0,58	32,7982273	33,92920066
10	0,56	35,185838	10	0,52	32,6725636	33,92920066

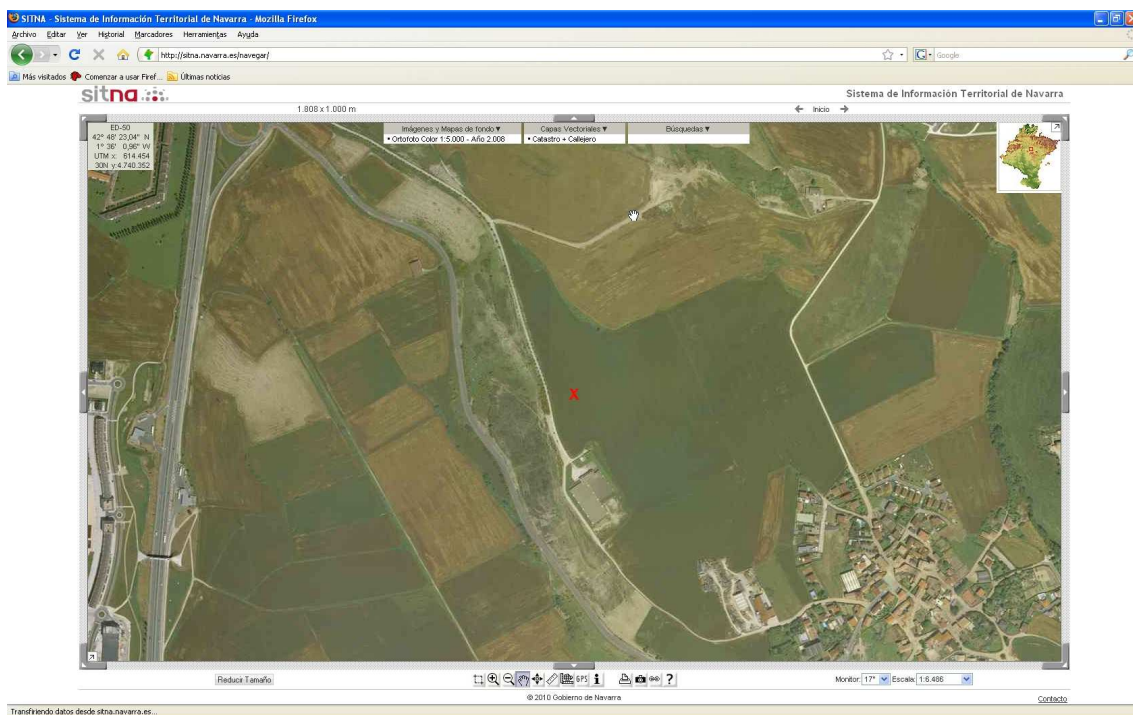




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Badostain (Húmedo 2) 82**

Fecha 22 de Febrero de 2010

Hora 17:10

Lugar Badostain, cerca del depósito de aguas

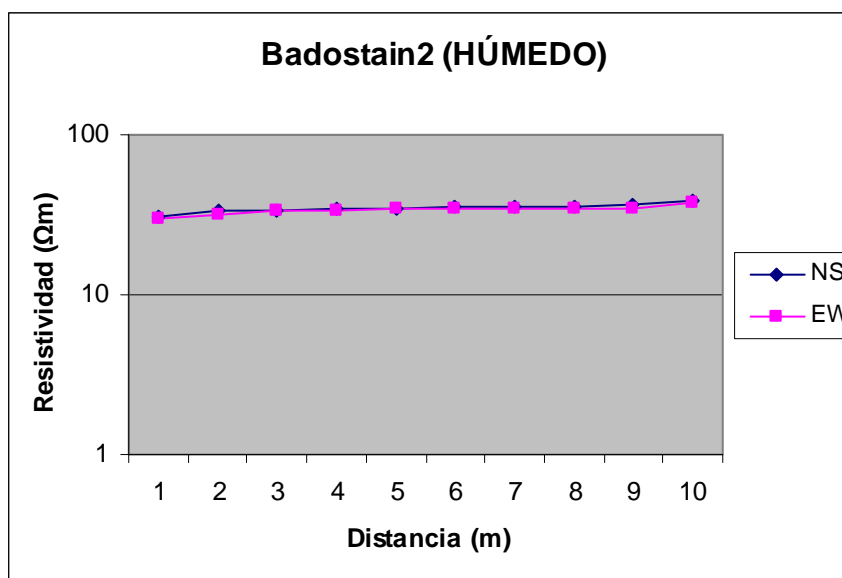
Unidad cartográfica 82

Coord. 614353 4740037 Error 3m

Orientación NS

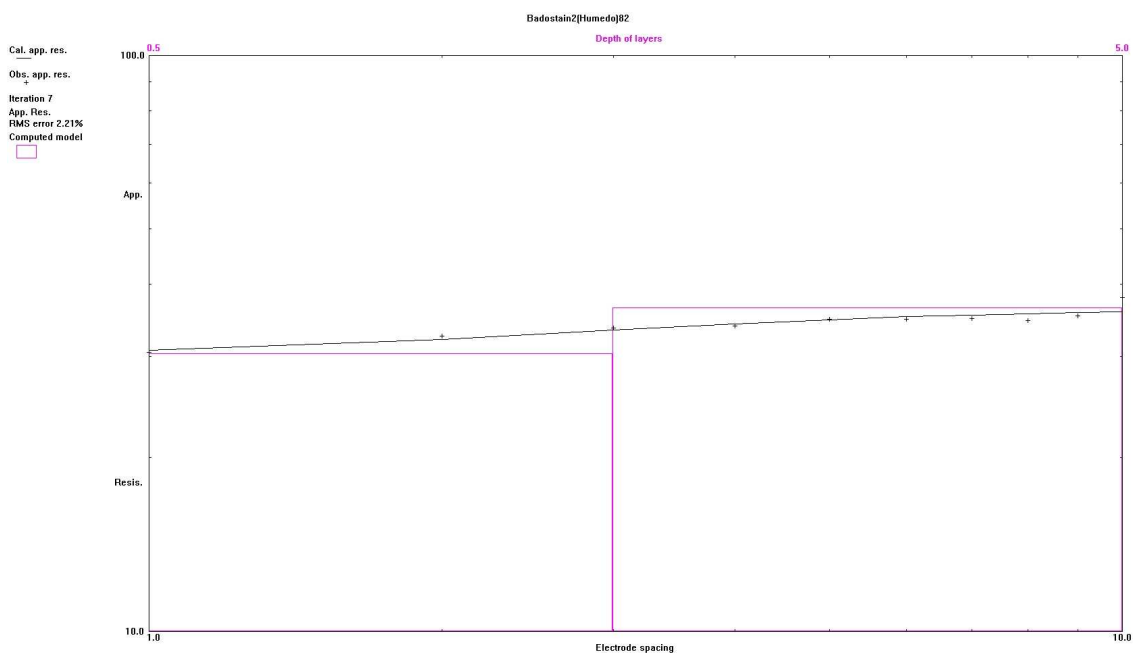
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	4,94	31,038935	1	4,79	30,096458	30,56769652
2	2,67	33,55221	2	2,52	31,667254	32,60973174
3	1,8	33,929201	3	1,77	33,363714	33,64645732
4	1,36	34,180528	4	1,34	33,677873	33,92920066
5	1,11	34,871678	5	1,11	34,871678	34,87167845
6	0,94	35,437165	6	0,91	34,306192	34,87167845
7	0,81	35,625661	7	0,78	34,306192	34,96592623
8	0,7	35,185838	8	0,68	34,180528	34,6831829
9	0,64	36,191147	9	0,61	34,494687	35,34291735
10	0,62	38,955749	10	0,59	37,070793	38,01327111

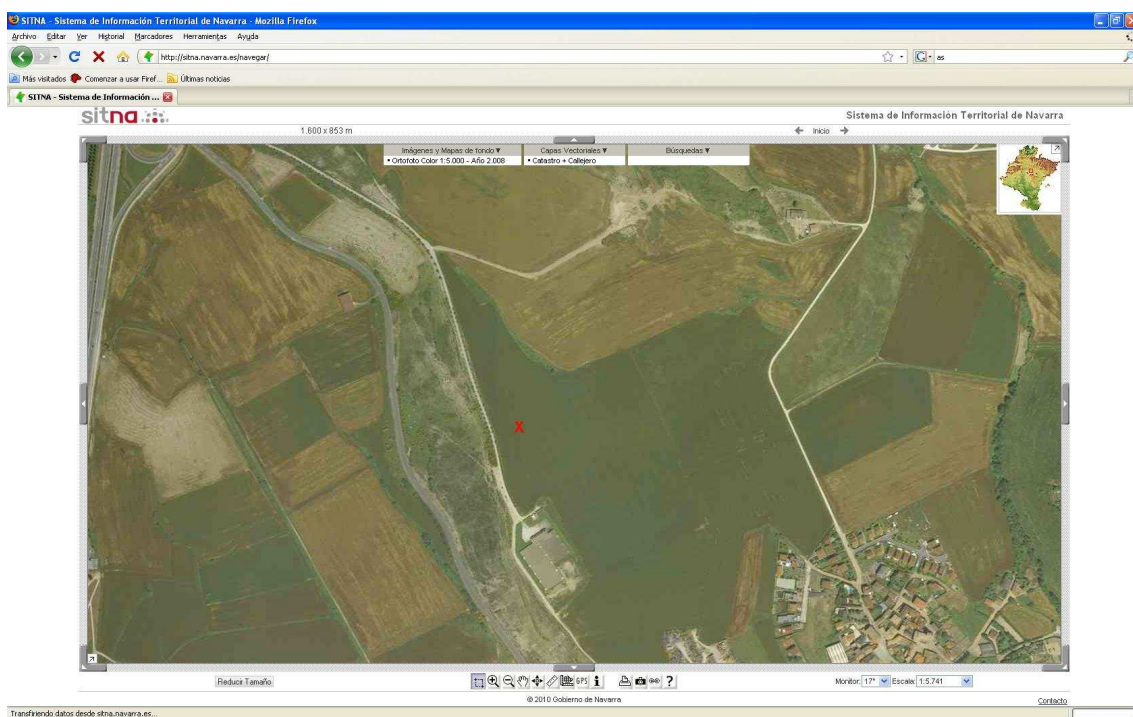




Gráfica RES1D



Localización SITNA



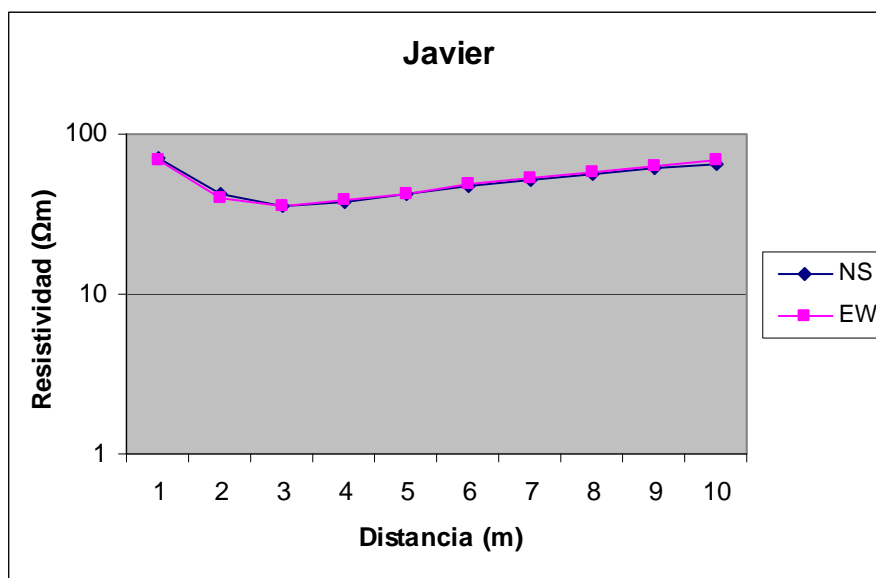


4.8 Terciario continental

Javier 87

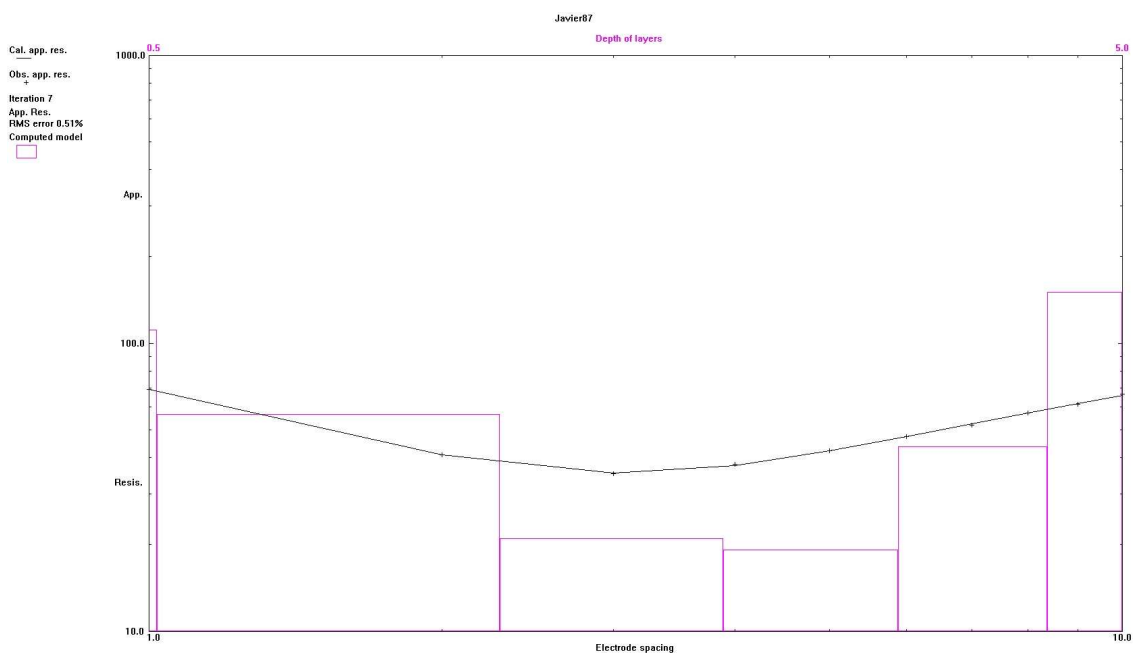
Fecha 29 de octubre de 2009
 Hora 16:42
 Lugar Javier
 Unidad cartográfica 87
 Coord. 646246 4718669 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	11,25	70,685835	1	10,86	68,2353924	69,46061357
2	3,33	41,846014	2	3,21	40,3380497	41,09203191
3	1,87	35,24867	3	1,88	35,4371651	35,34291735
4	1,51	37,950439	4	1,52	38,2017667	38,07610296
5	1,35	42,411501	5	1,35	42,4115008	42,41150082
6	1,24	46,746899	6	1,28	48,2548632	47,50088092
7	1,18	51,899111	7	1,19	52,3389336	52,11902212
8	1,13	56,799995	8	1,15	57,8053048	57,30265
9	1,08	61,072561	9	1,1	62,2035345	61,63804786
10	1,04	65,345127	10	1,08	67,8584013	66,60176426

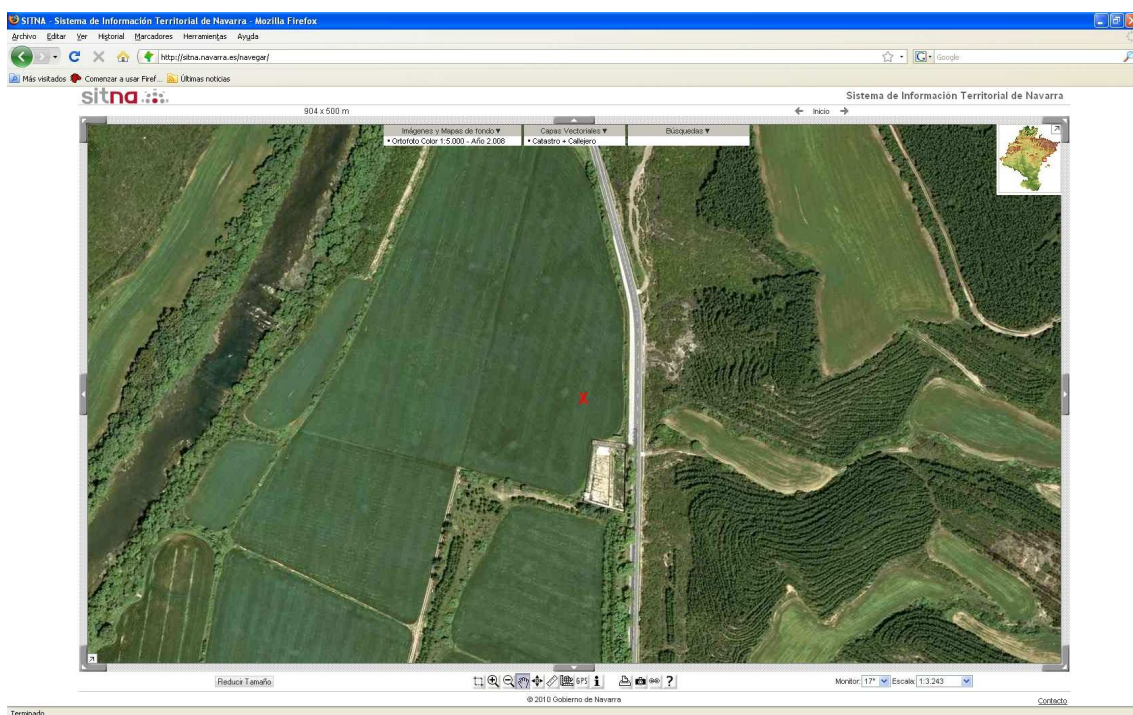




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Aibar 89**

Fecha 29 de octubre de 2009

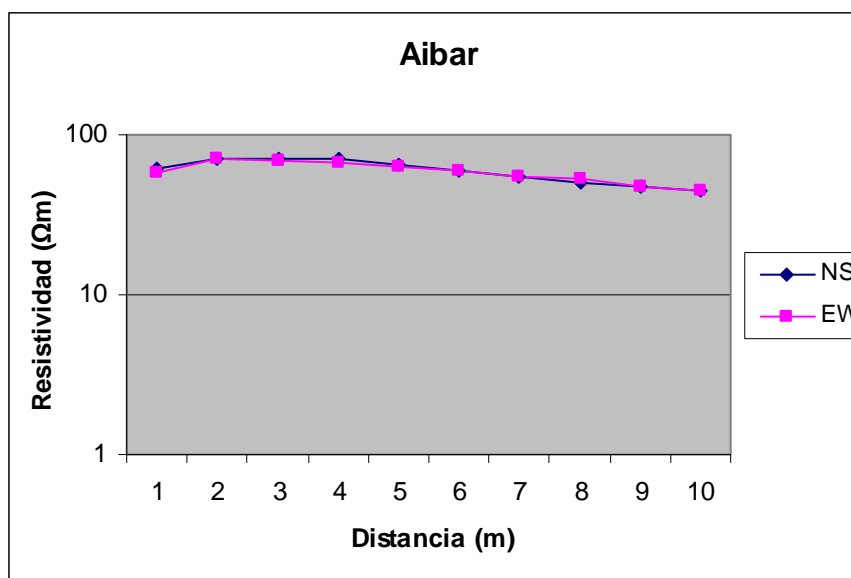
Hora 18:05

Lugar Aibar

Unidad cartográfica 89

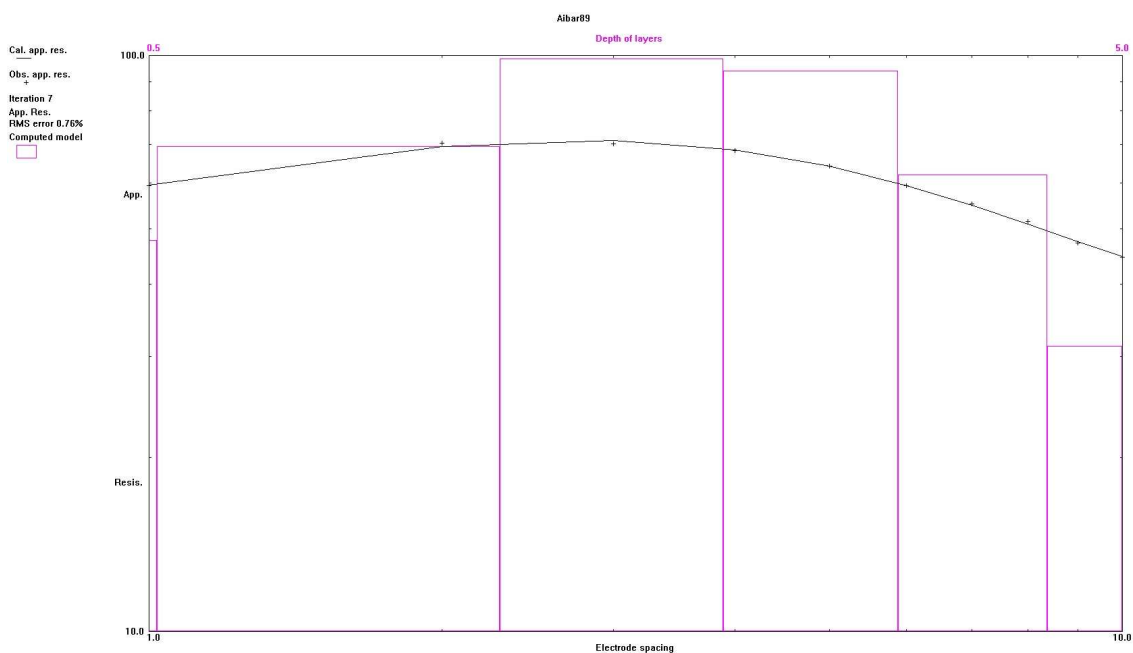
Coord. 635353 4721806 Error 3 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	9,73	61,135393	1	9,17	57,616809	59,37610115
2	5,56	69,869021	2	5,66	71,125658	70,49733915
3	3,79	71,439817	3	3,67	69,17787	70,30884359
4	2,8	70,371675	4	2,64	66,350437	68,36105614
5	2,06	64,716809	5	2,03	63,774331	64,24556977
6	1,58	59,564597	6	1,57	59,187606	59,37610115
7	1,25	54,977871	7	1,26	55,417694	55,19778292
8	0,99	49,762828	8	1,06	53,281411	51,52211952
9	0,83	46,935394	9	0,84	47,500881	47,21813758
10	0,71	44,610616	10	0,71	44,610616	44,61061568

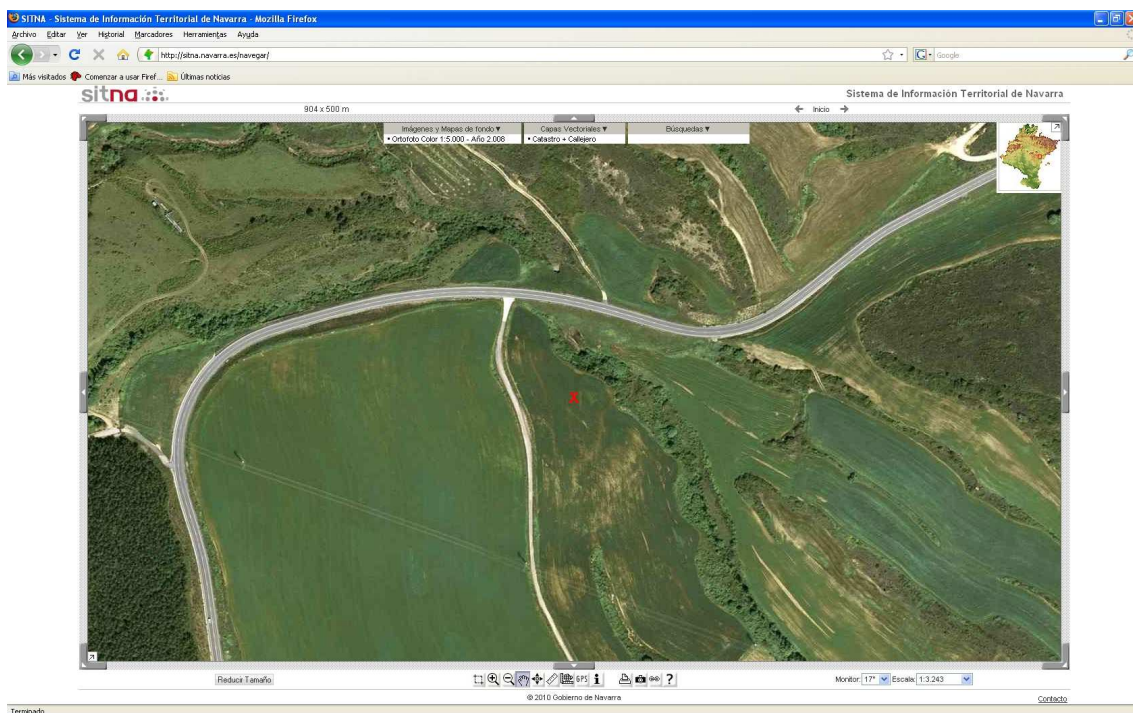




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Leoz 90

Fecha 3 de noviembre de 2009

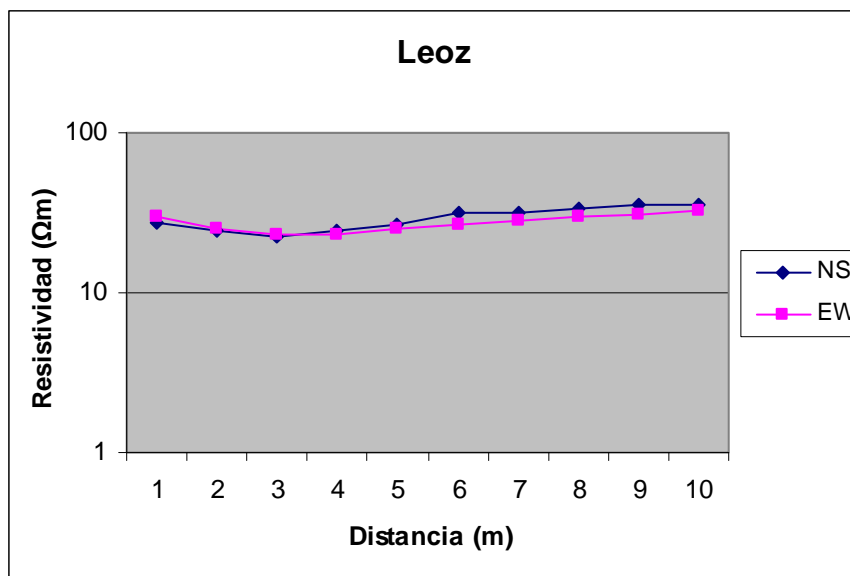
Hora 15:25

Lugar Leoz

Unidad cartográfica 90

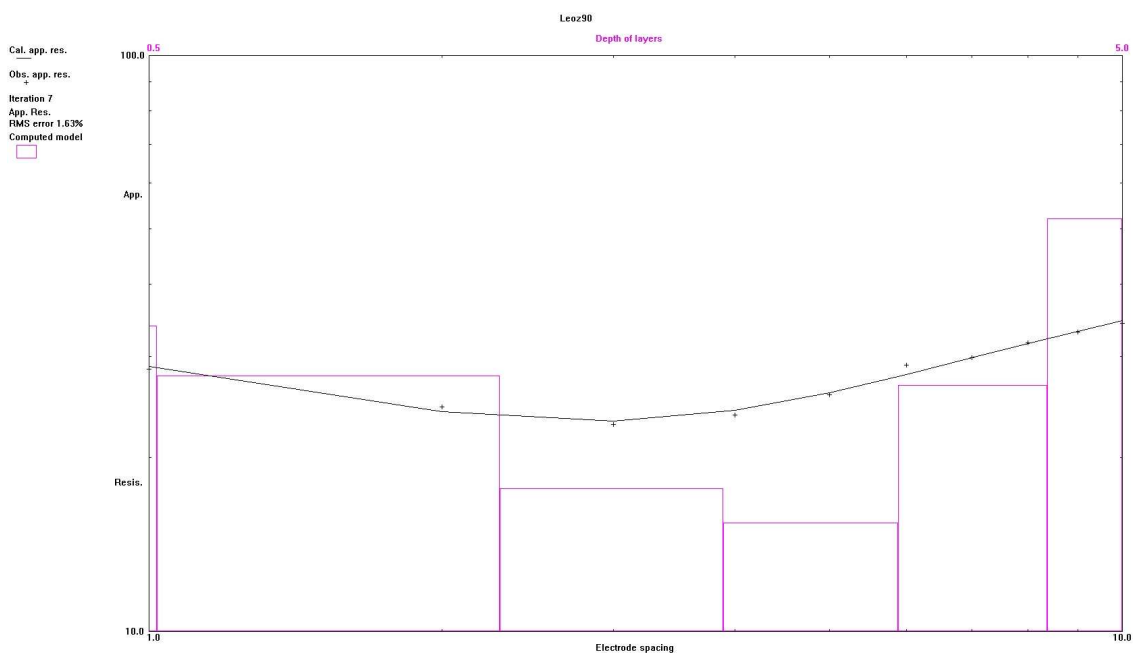
Coord. 621273 4722466 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	4,35	27,331856	1	4,74	29,782298	28,55707722
2	1,92	24,127432	2	1,99	25,007078	24,56725455
3	1,2	22,619467	3	1,23	23,184954	22,90221044
4	0,97	24,378759	4	0,92	23,122122	23,75044046
5	0,85	26,703538	5	0,79	24,818582	25,76105976
6	0,84	31,667254	6	0,7	26,389378	29,02831612
7	0,72	31,667254	7	0,64	28,14867	29,90796206
8	0,66	33,175218	8	0,6	30,159289	31,66725395
9	0,62	35,060174	9	0,55	31,101767	33,08097064
10	0,57	35,814156	10	0,52	32,672564	34,24335992

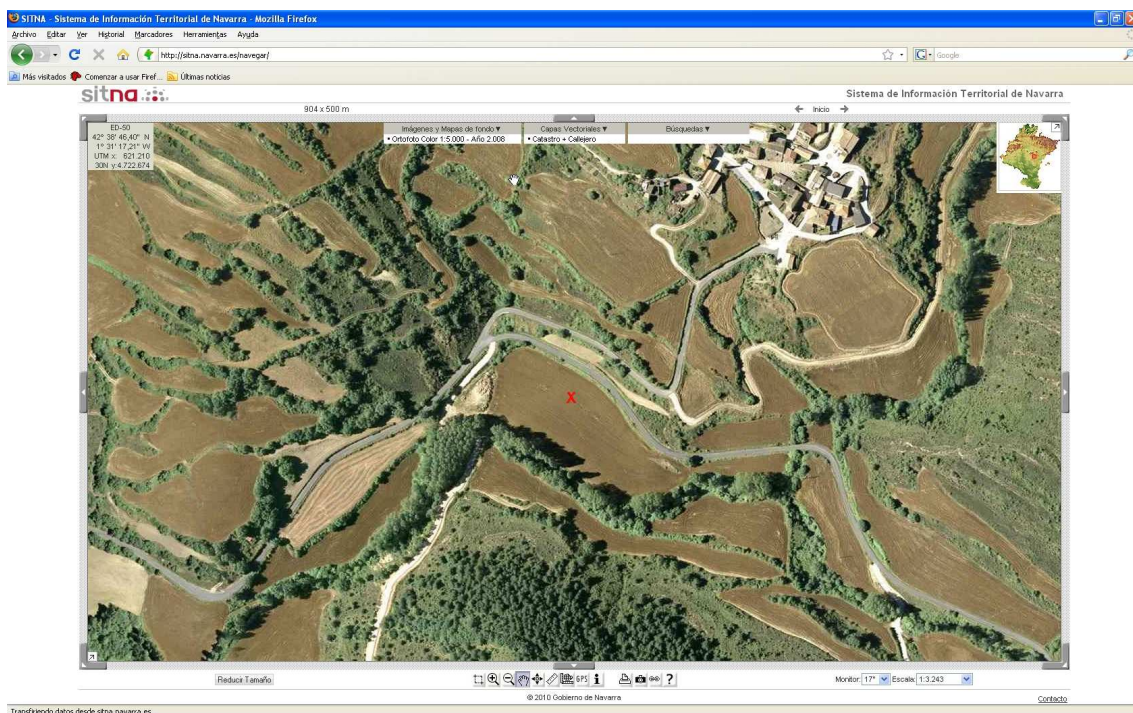




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Mañeru 94**

Fecha 17 de nov. de 2009

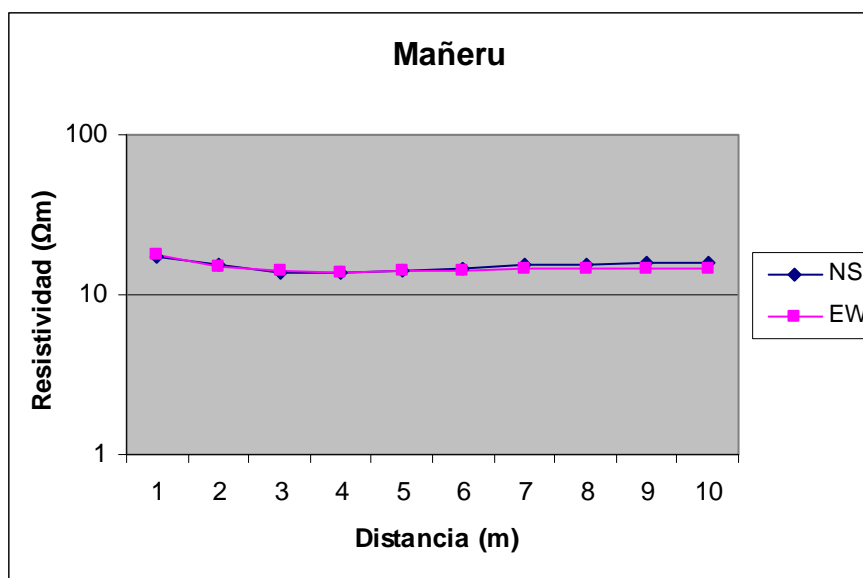
Hora 9:17

Lugar Mañeru

Unidad cartográfica 94

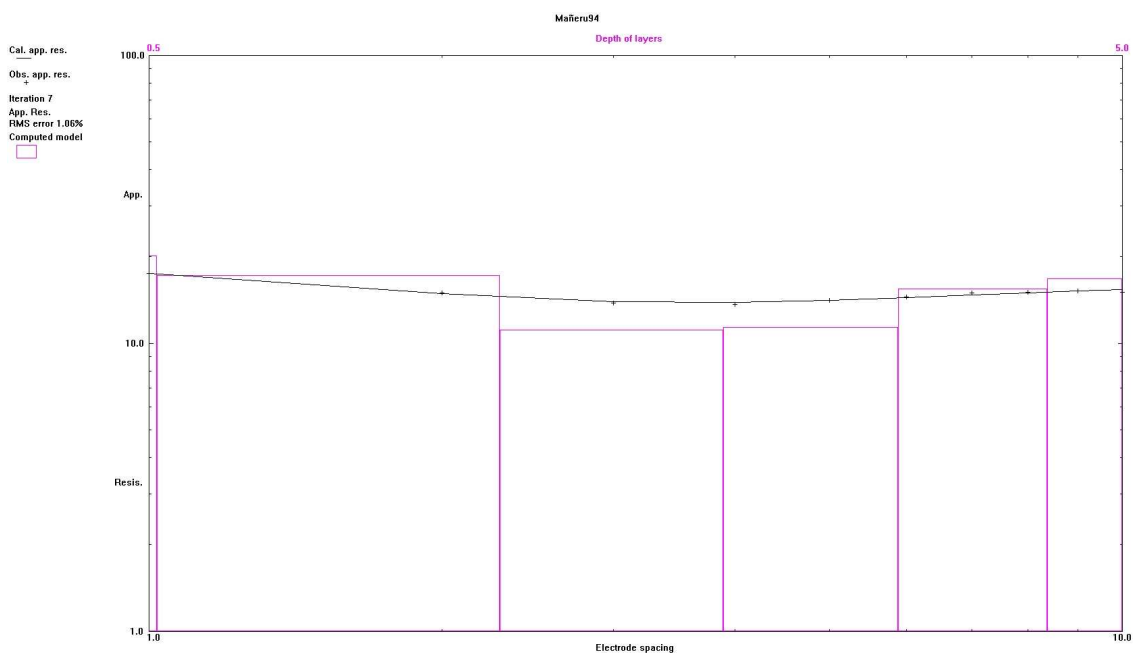
Coord. 593244 4724587 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	2,74	17,215928	1	2,85	17,9070781	17,56150293
2	1,21	15,205308	2	1,18	14,8283173	15,01681288
3	0,73	13,760176	3	0,74	13,9486714	13,8544236
4	0,54	13,57168	4	0,55	13,8230077	13,69734397
5	0,45	14,137167	5	0,45	14,1371669	14,13716694
6	0,39	14,702654	6	0,38	14,3256625	14,51415806
7	0,35	15,393804	7	0,33	14,5141581	14,95398103
8	0,31	15,5823	8	0,29	14,5769899	15,07964474
9	0,28	15,833627	9	0,26	14,7026536	15,2681403
10	0,25	15,707963	10	0,23	14,4513262	15,07964474

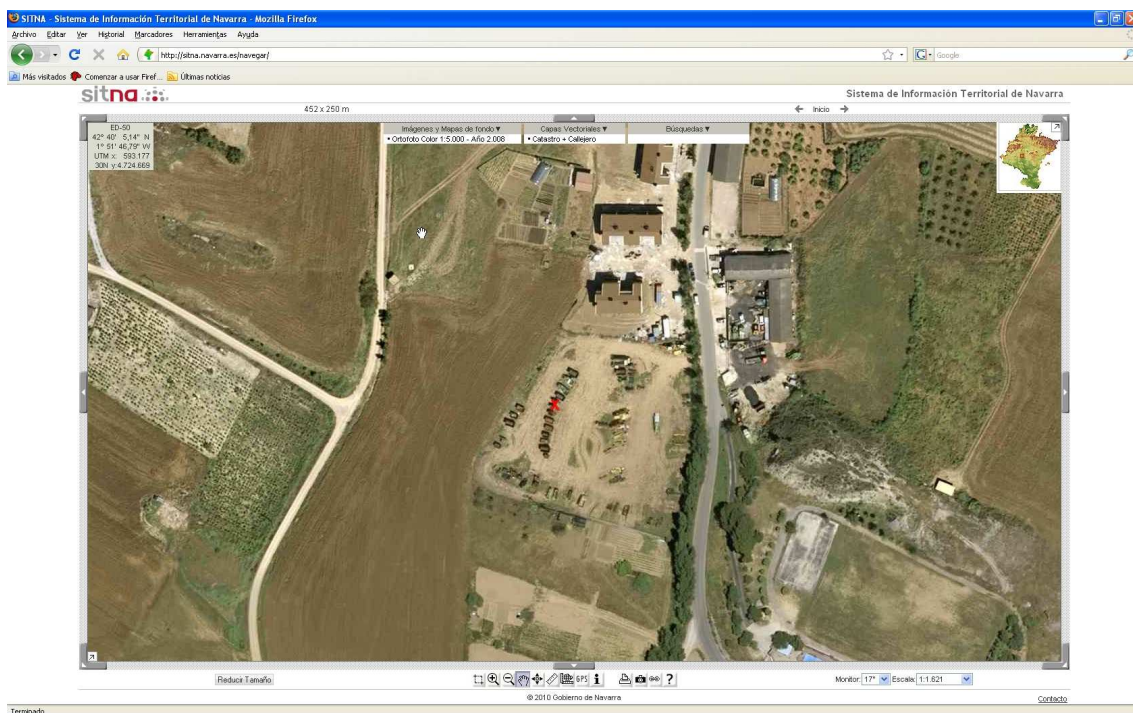




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Urbiola 94

Fecha 5 de noviembre de 2009

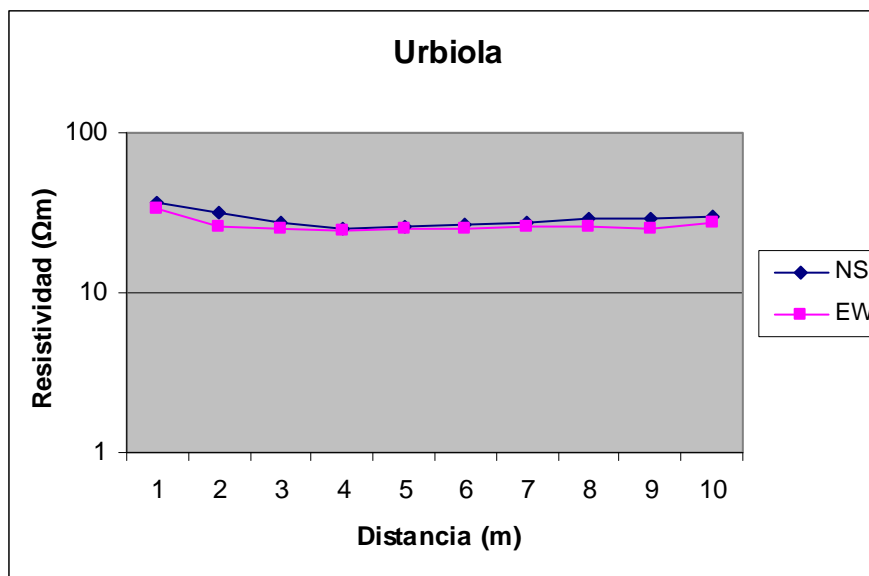
Hora 12:24

Lugar Urbiola

Unidad cartográfica 94

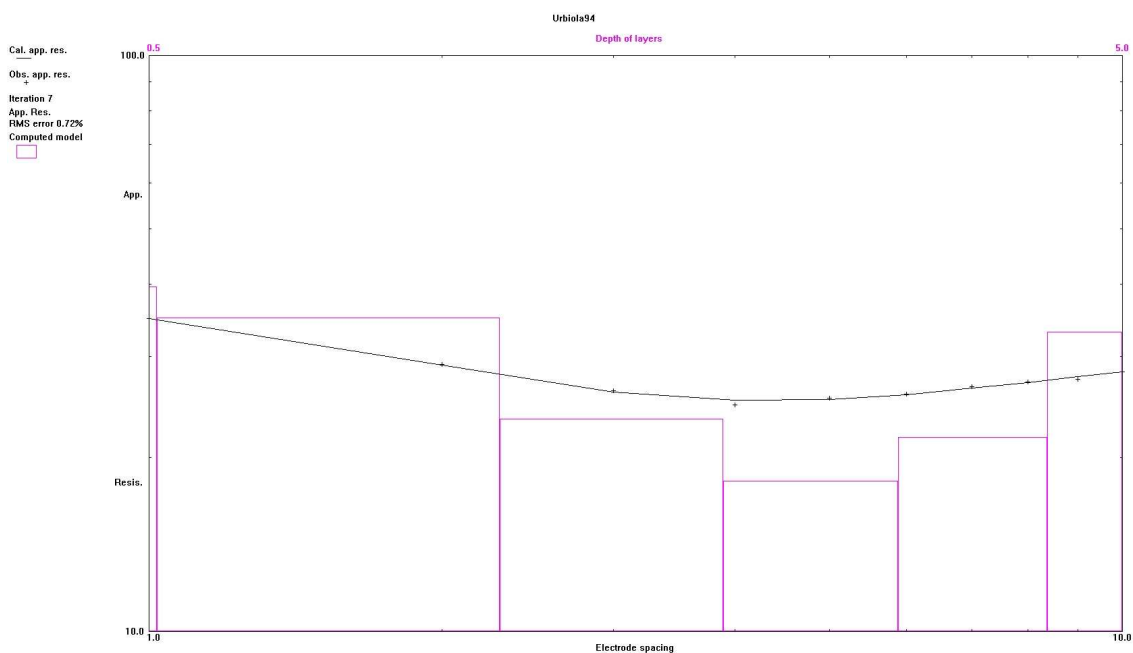
Coord. 573384 4718653 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	5,81	36,505307	1	5,3	33,3008821	34,90309438
2	2,55	32,044245	2	2,08	26,1380509	29,09114797
3	1,45	27,331856	3	1,33	25,0699094	26,20088273
4	1,01	25,384069	4	0,96	24,1274316	24,75575011
5	0,82	25,76106	5	0,8	25,1327412	25,44690049
6	0,7	26,389378	6	0,67	25,2584049	25,82389161
7	0,63	27,708847	7	0,58	25,5097323	26,60928978
8	0,57	28,651325	8	0,51	25,6353961	27,14336053
9	0,52	29,405307	9	0,45	25,4469005	27,42610387
10	0,47	29,530971	10	0,43	27,0176968	28,27433388

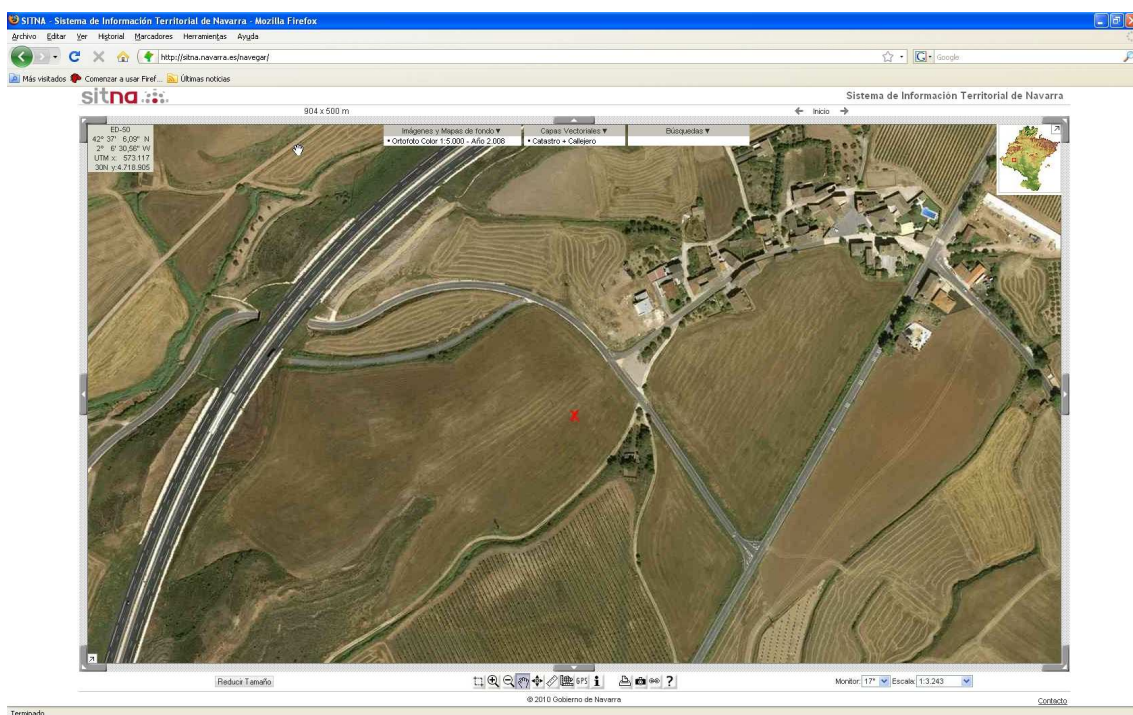




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Caparroso 98**

Fecha 3 de noviembre de 2009

Hora 11:25

Lugar Caparroso

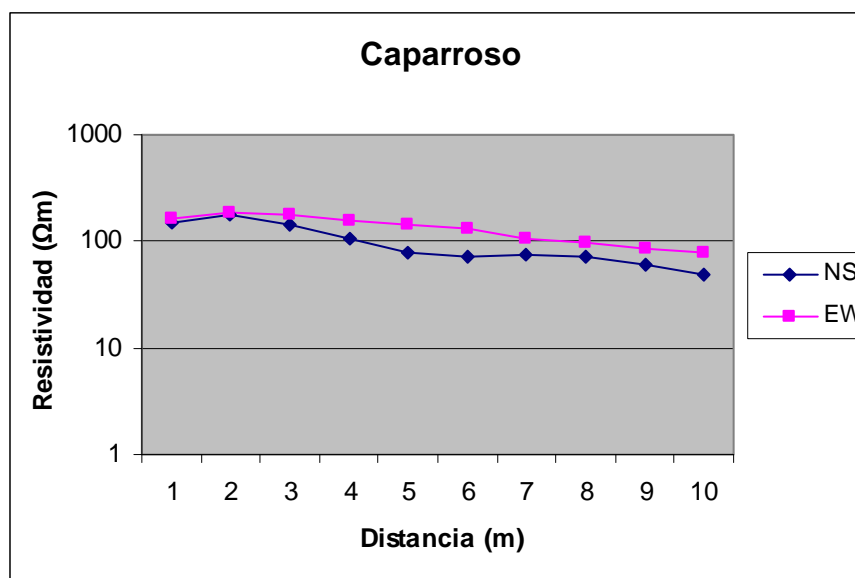
Unidad cartográfica 98

Coord. 611487 4685193 Error 5 m

Orientación NS

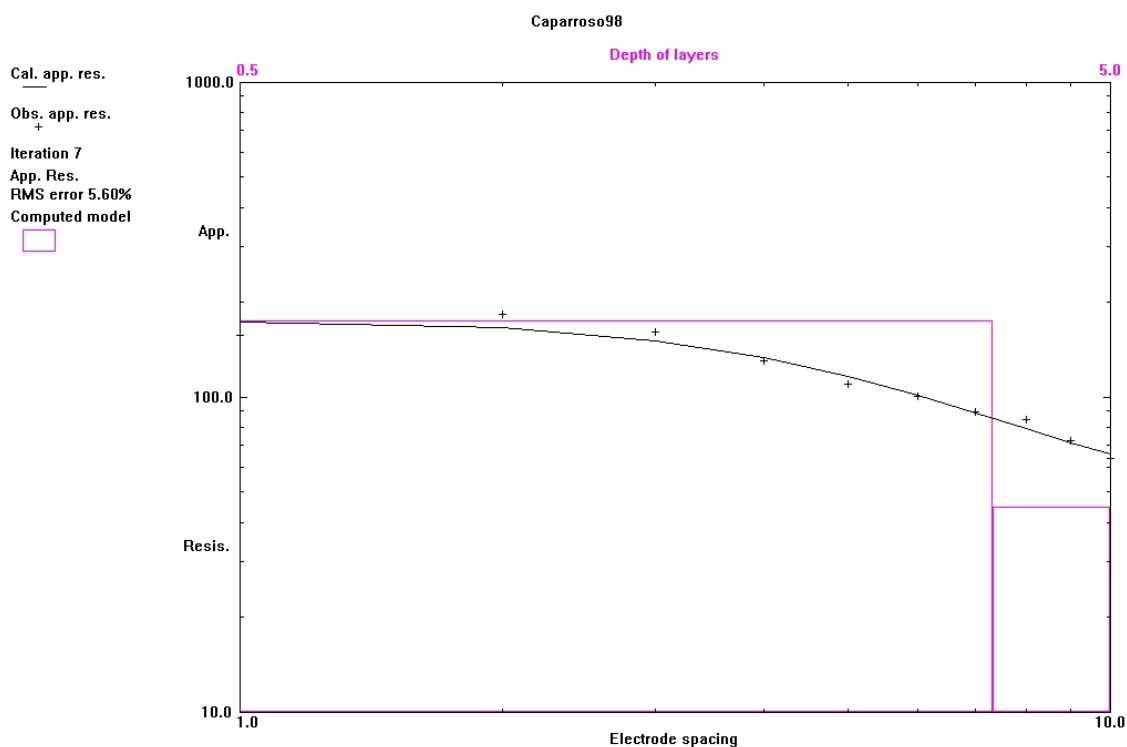
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	24,3	152,6814	1	26	163,36282	158,0221105
2	14,31	179,82476	2	14,87	186,86193	183,3433473
3	7,71	145,33008	3	9,4	177,18583	161,2579509
4	4,21	105,80884	4	6,2	155,823	130,8159181
5	2,45	76,96902	5	4,58	143,88494	110,4269818
6	1,91	72,005304	6	3,44	129,68494	100,8451242
7	1,69	74,330082	7	2,41	105,99734	90,16370916
8	1,45	72,88495	8	1,92	96,509726	84,69733794
9	1,05	59,376101	9	1,52	85,953975	72,66503808
10	0,79	49,637164	10	1,25	78,539816	64,08849013

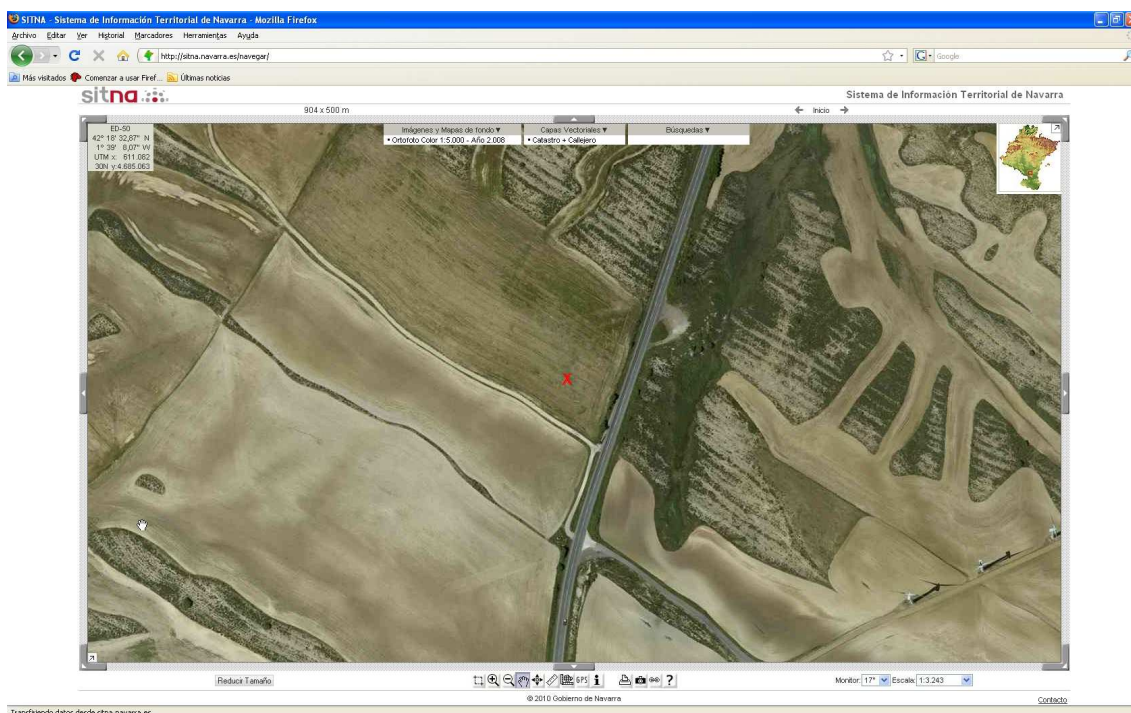




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Arróniz 103**

Fecha 17 de nov. de 2009

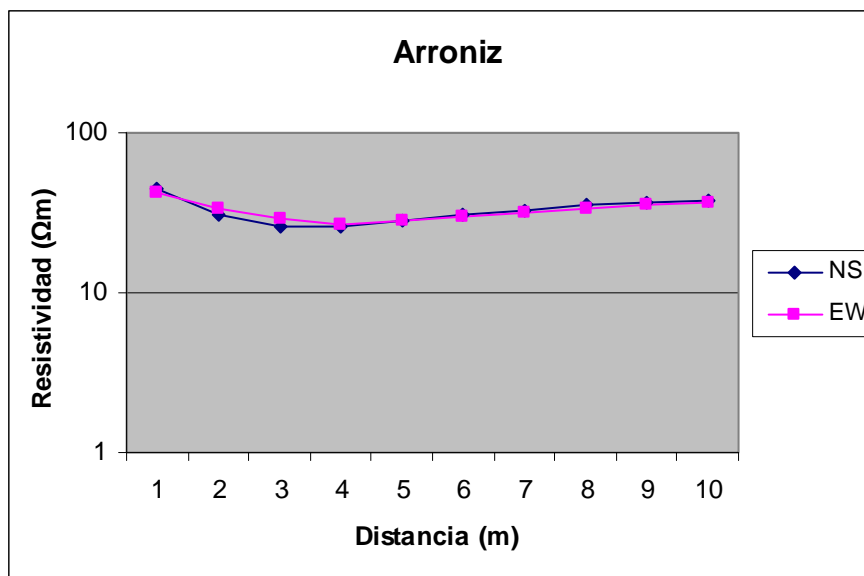
Hora 16:26

Lugar Arróniz

Unidad cartográfica 103

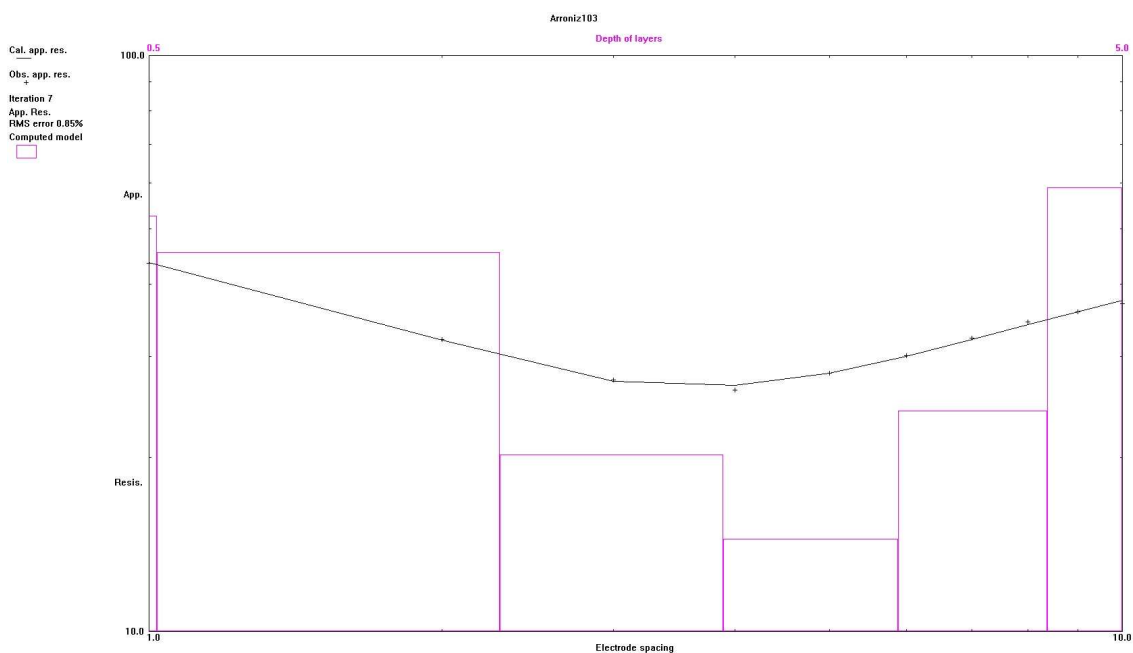
Coord. 574547 4714946 Error 4 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	7,2	45,2389342	1	6,69	42,0345097	43,63672196
2	2,44	30,6619443	2	2,67	33,5522095	32,10707692
3	1,38	26,0123872	3	1,52	28,651325	27,33185609
4	1,03	25,8867235	4	1,06	26,6407057	26,26371458
5	0,9	28,2743339	5	0,89	27,9601746	28,11725425
6	0,81	30,5362806	6	0,79	29,7822984	30,15928947
7	0,75	32,9867229	7	0,72	31,6672539	32,32698841
8	0,71	35,6884925	8	0,66	33,1752184	34,43185548
9	0,65	36,756634	9	0,62	35,060174	35,90840403
10	0,6	37,6991118	10	0,58	36,4424748	37,07079331

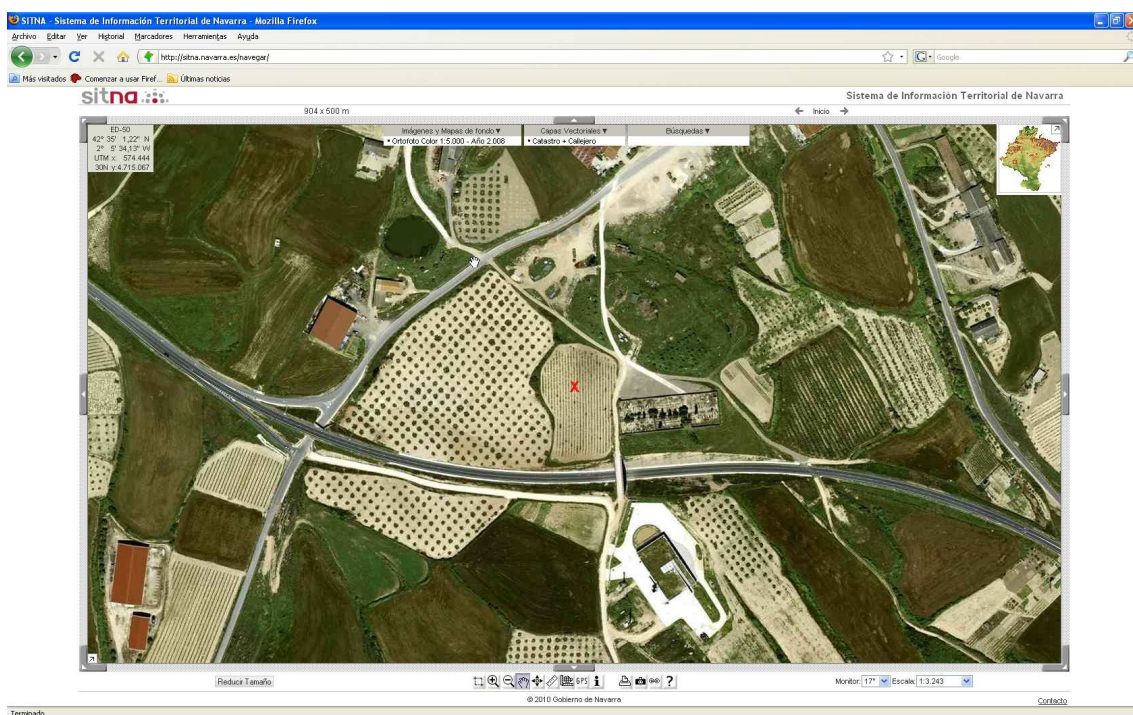




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Bearin 103**

Fecha 17 de nov. de 2009

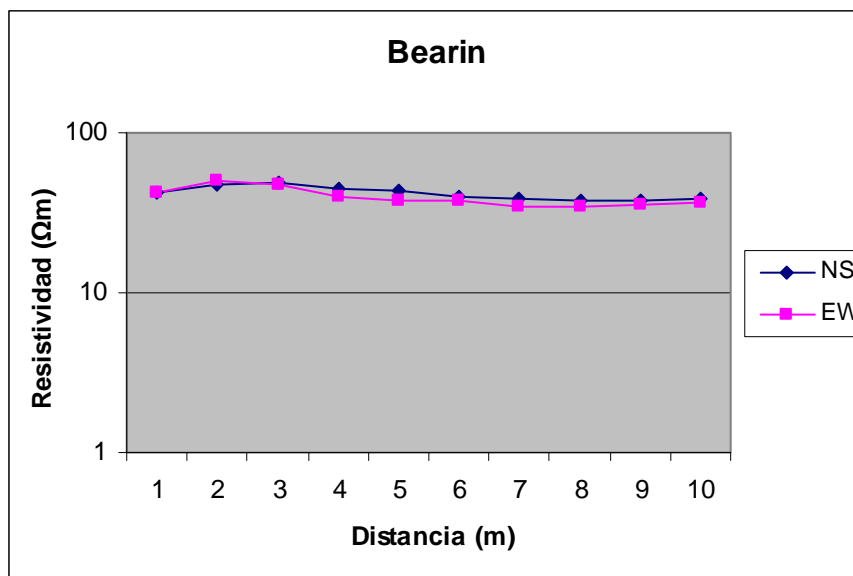
Hora 12:33

Lugar Bearin

Unidad cartográfica 103

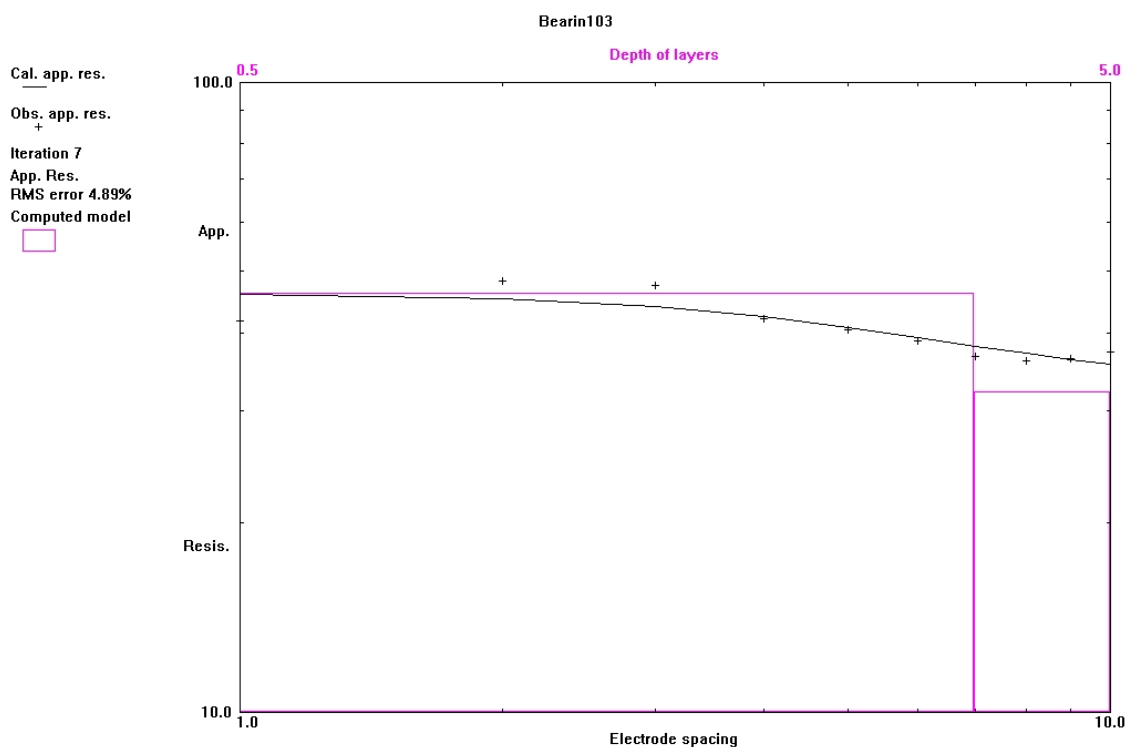
Coord. 579509 4727250 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	6,71	42,160173	1	6,63	41,6575186	41,908846
2	3,77	47,375217	2	3,94	49,5115002	48,44335872
3	2,56	48,254863	3	2,49	46,9353942	47,5951287
4	1,76	44,233625	4	1,6	40,212386	42,22300526
5	1,37	43,039819	5	1,21	38,0132711	40,52654523
6	1,07	40,33805	6	0,99	37,3221207	38,8300852
7	0,88	38,704421	7	0,79	34,7460147	36,72521812
8	0,75	37,699112	8	0,69	34,6831829	36,19114737
9	0,66	37,322121	9	0,63	35,6256607	36,47389071
10	0,61	38,32743	10	0,58	36,4424748	37,38495258

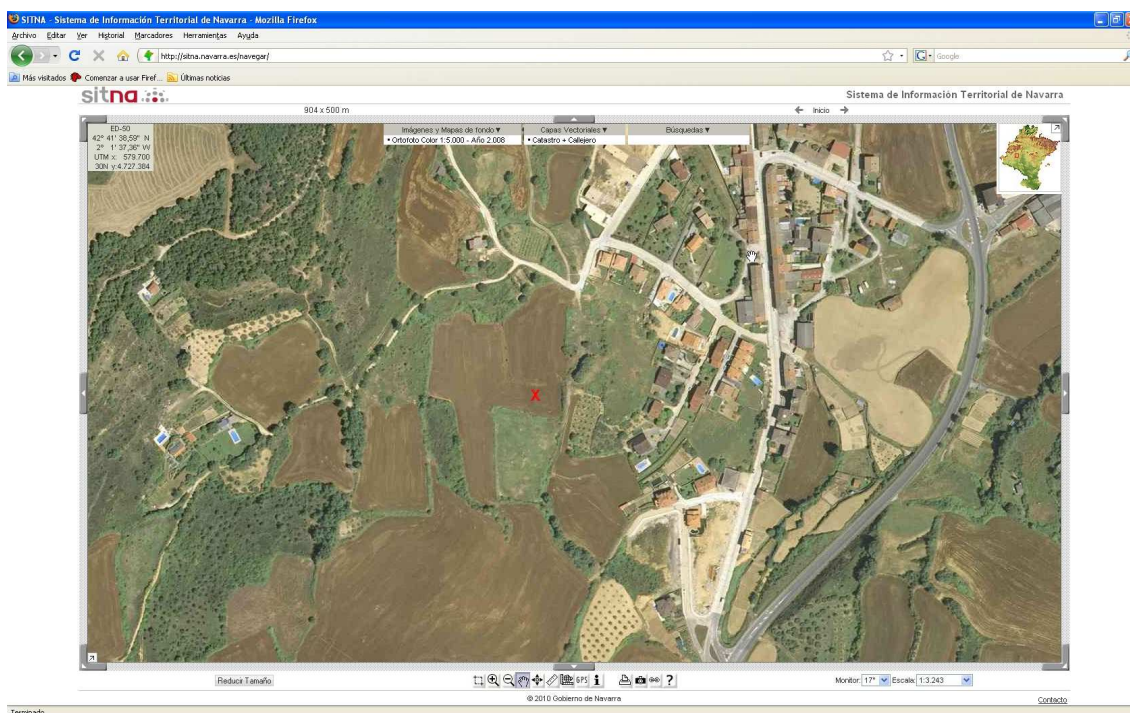




Gráfica RES1D



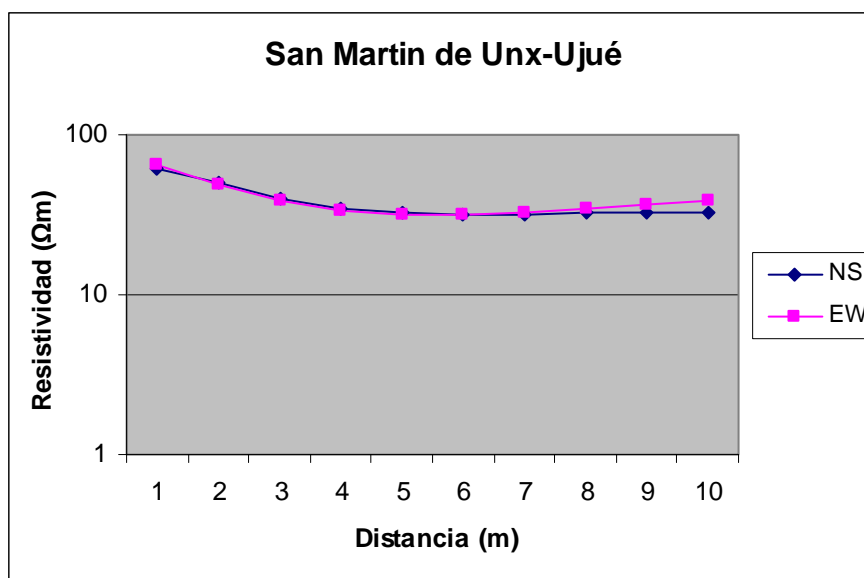
Localización SITNA



**San Martín de Unx – Ujué 104**

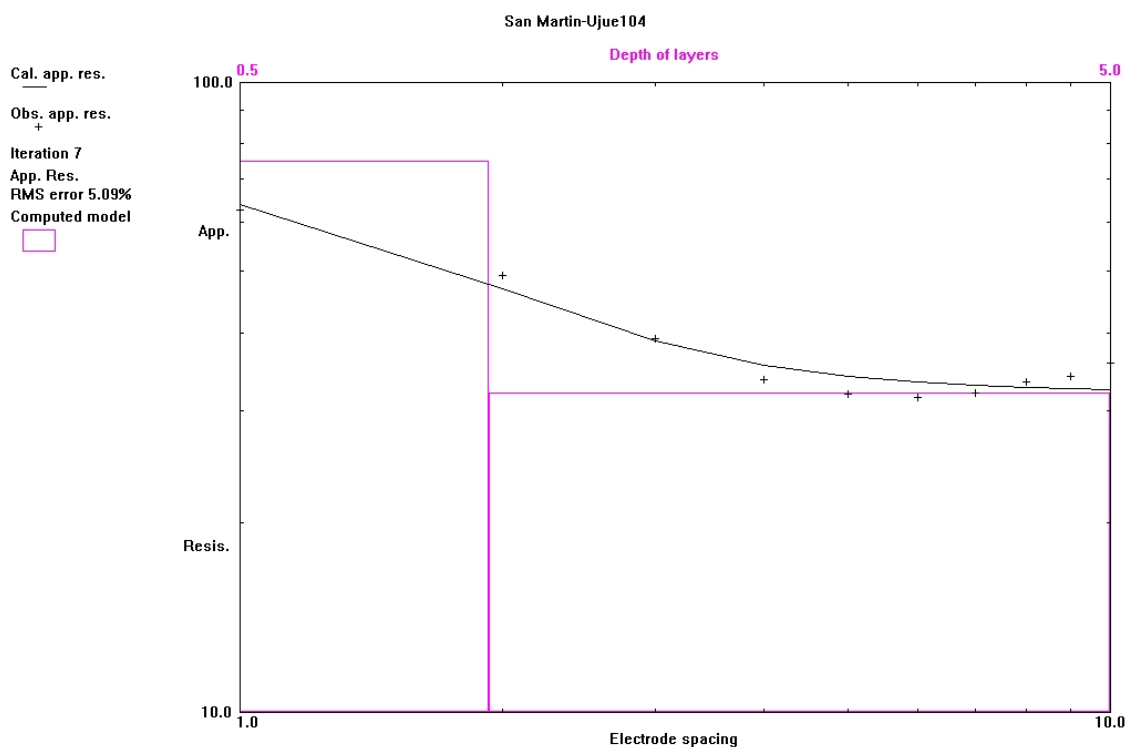
Fecha 3 de noviembre de 2009
 Hora 12:55
 Lugar San Martín de Unx-Ujué
 Unidad cartográfica 104
 Coord. 619324 4709441 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	9,75	61,2610567	1	10,19	64,025658	62,64335751
2	4,04	50,7681373	2	3,83	48,129199	49,44866837
3	2,09	39,3955719	3	2,07	39,018581	39,20707632
4	1,36	34,1805281	4	1,32	33,175218	33,67787325
5	1,04	32,6725636	5	1	31,415927	32,04424507
6	0,84	31,6672539	6	0,84	31,667254	31,66725395
7	0,71	31,227431	7	0,75	32,986723	32,10707692
8	0,64	32,1699088	8	0,69	34,683183	33,42654583
9	0,57	32,2327406	9	0,64	36,191147	34,211944
10	0,52	32,6725636	10	0,62	38,955749	35,81415625

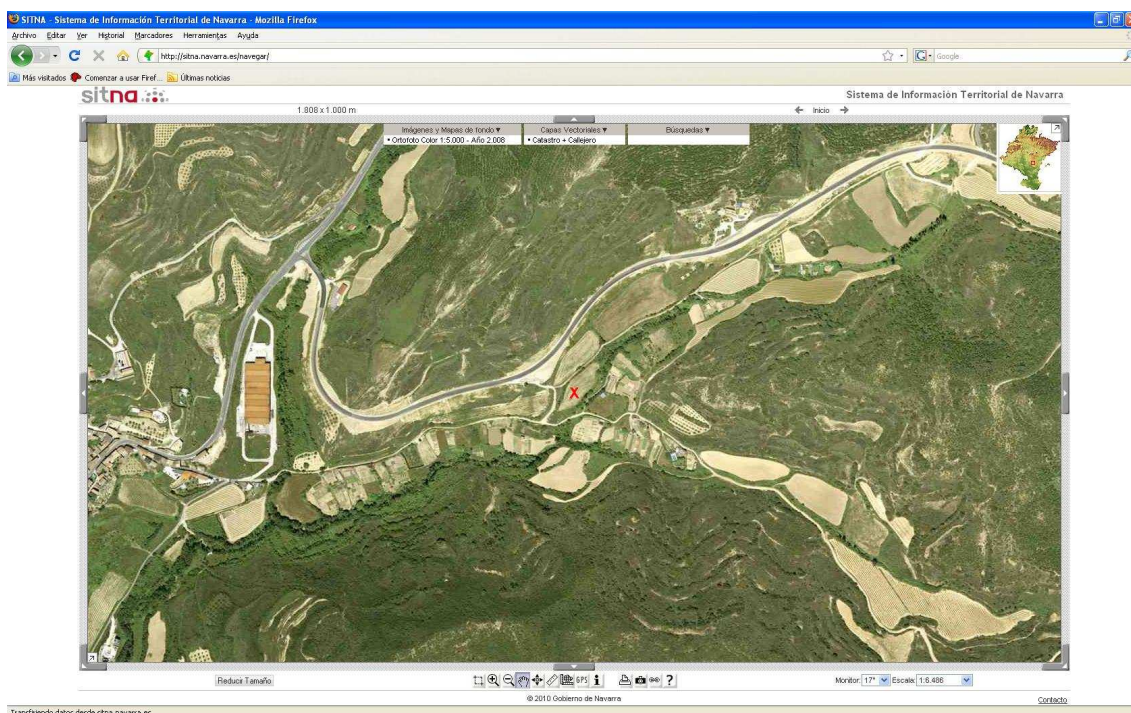




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Cintruénigo 109

Fecha 2 de noviembre de 2009

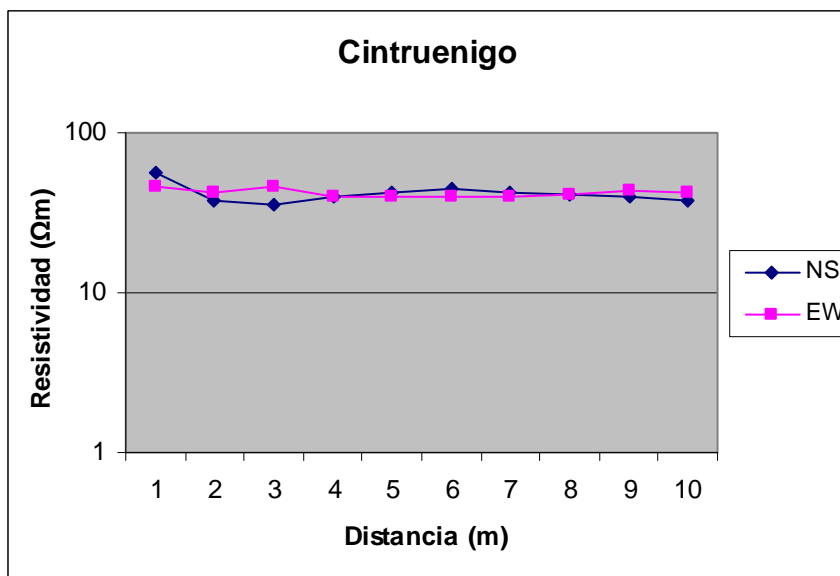
Hora 13:20

Lugar Cintruénigo

Unidad cartográfica 109

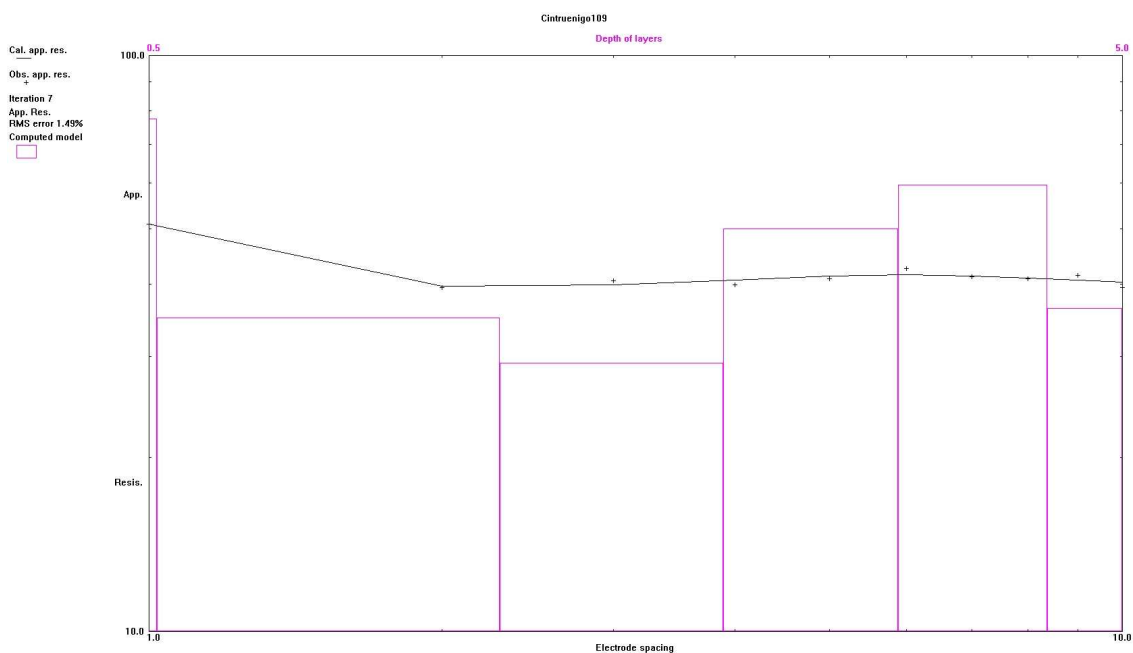
Coord. 606137 4658910 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	8,96	56,29734	1	7,27	45,6787572	50,98804877
2	2,98	37,447784	2	3,32	41,7203504	39,58406744
3	1,88	35,437165	3	2,43	45,8044209	40,62079301
4	1,58	39,709731	4	1,6	40,212386	39,96105855
5	1,34	42,097342	5	1,27	39,8982267	40,99778413
6	1,19	44,861943	6	1,07	40,3380497	42,59999638
7	0,97	42,662828	7	0,91	40,0238904	41,34335932
8	0,81	40,715041	8	0,82	41,2176956	40,9663682
9	0,7	39,584067	9	0,77	43,5424742	41,56327081
10	0,59	37,070793	10	0,67	42,0973416	39,58406744

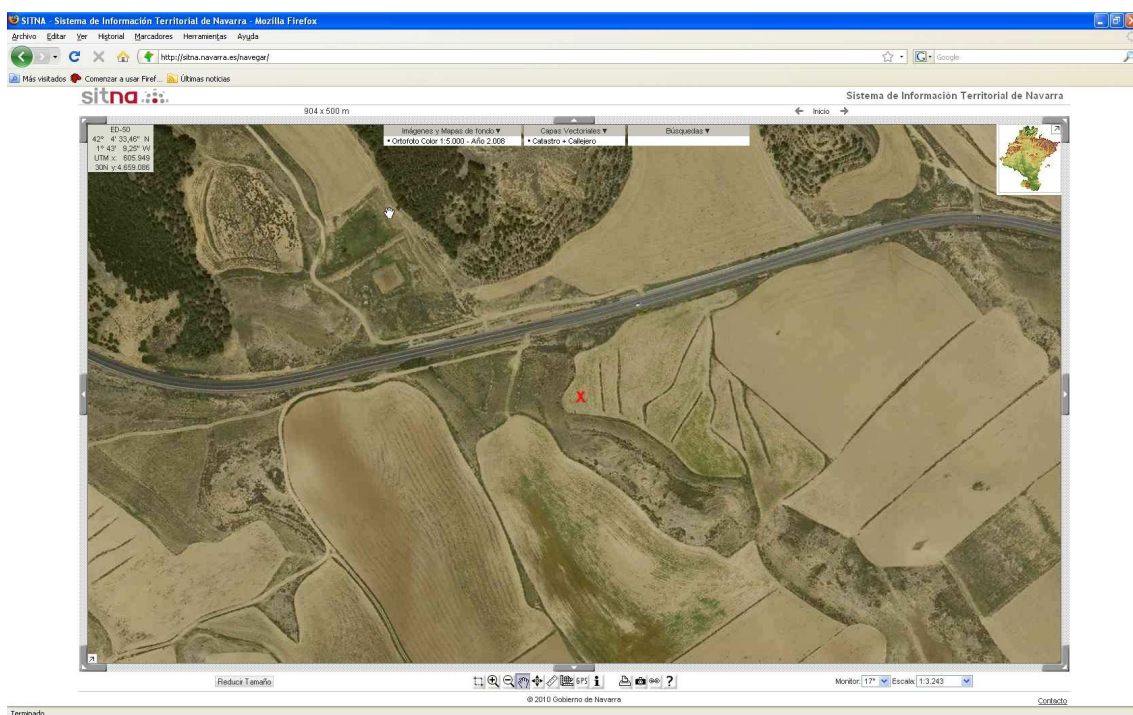




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Viana 109

Fecha 5 de noviembre de 2009

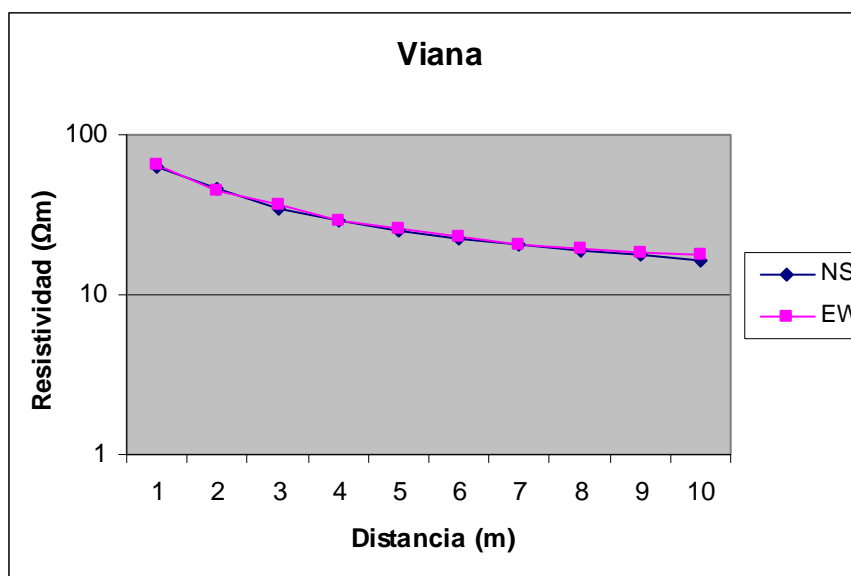
Hora 10:06

Lugar Viana

Unidad cartográfica 109

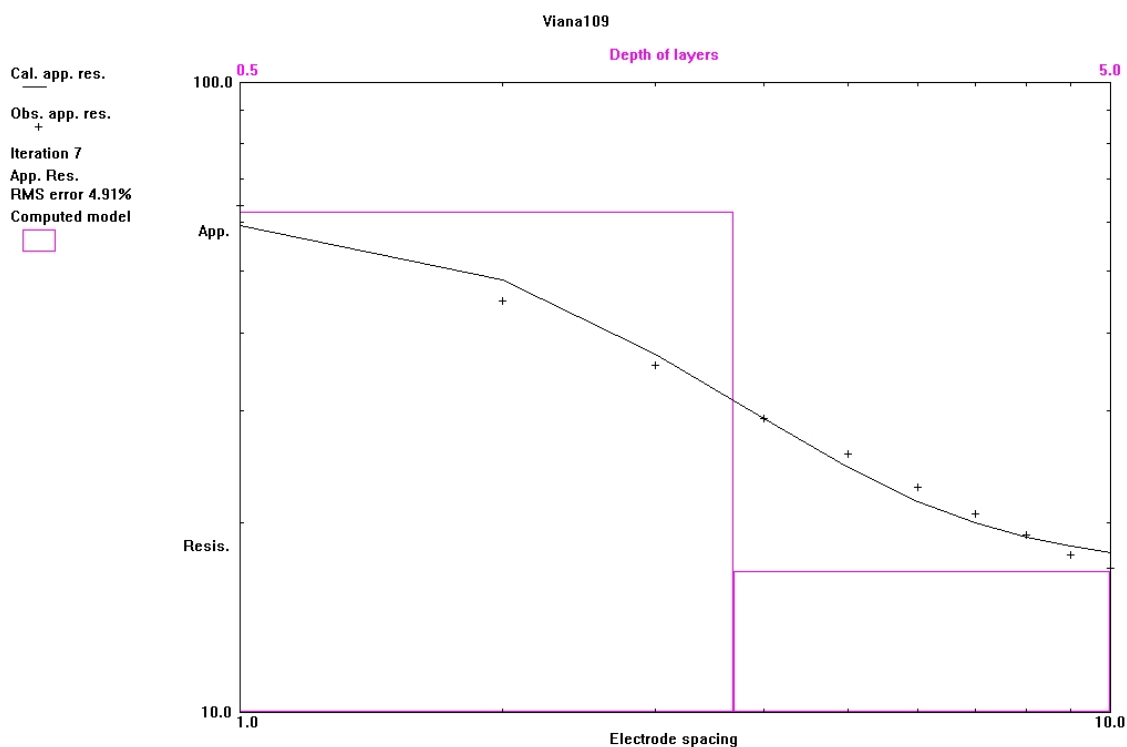
Coord. 553547 4704605 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	9,96	62,580526	1	10,33	64,9053042	63,74291494
2	3,61	45,364598	2	3,56	44,7362794	45,05043865
3	1,85	34,871678	3	1,92	36,1911474	35,53141291
4	1,17	29,405307	4	1,16	29,1539798	29,27964353
5	0,81	25,4469	5	0,83	26,075219	25,76105976
6	0,6	22,619467	6	0,61	22,9964582	22,80796267
7	0,47	20,67168	7	0,47	20,6716797	20,67167966
8	0,37	18,598229	8	0,39	19,6035382	19,10088333
9	0,31	17,530087	9	0,32	18,0955737	17,81283035
10	0,26	16,336282	10	0,28	17,5929189	16,96460033

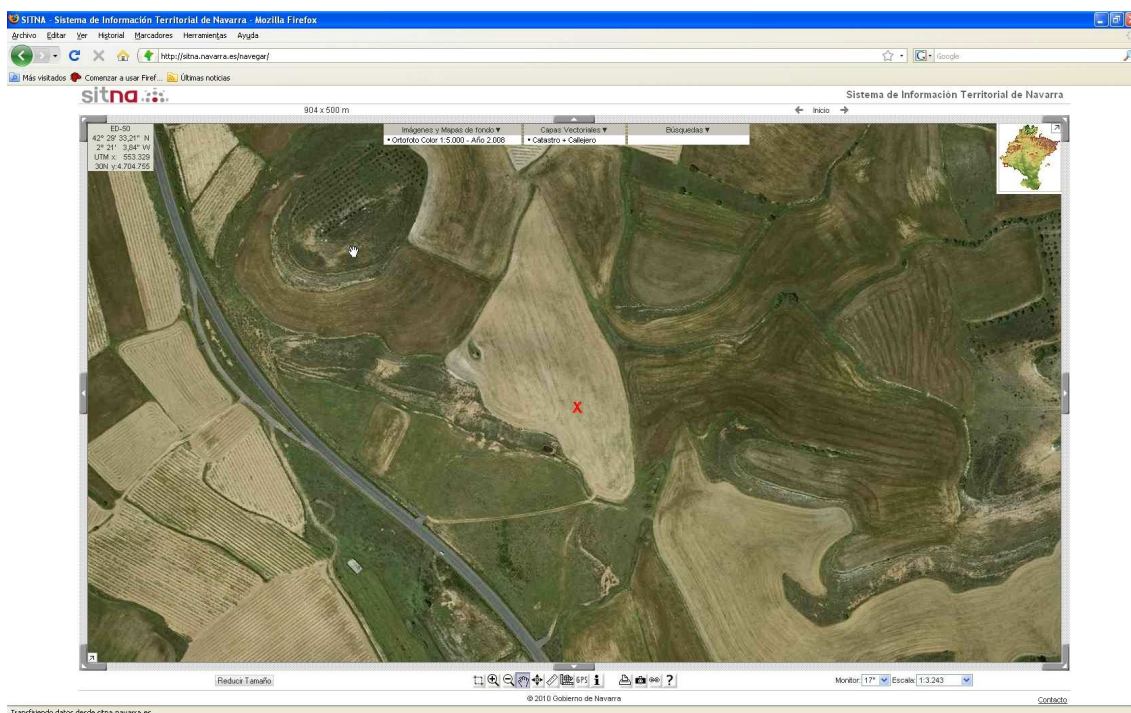




Gráfica RES1D



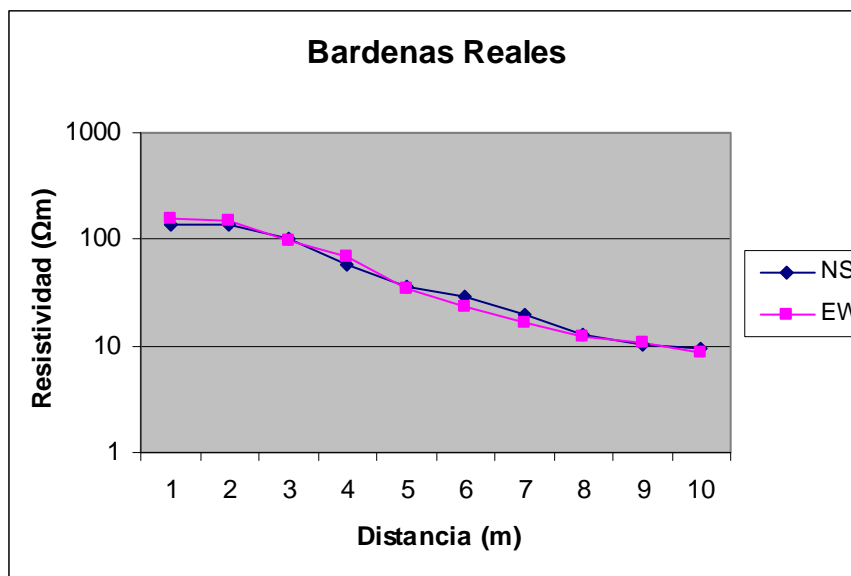
Localización SITNA



**Bardenas Reales 112**

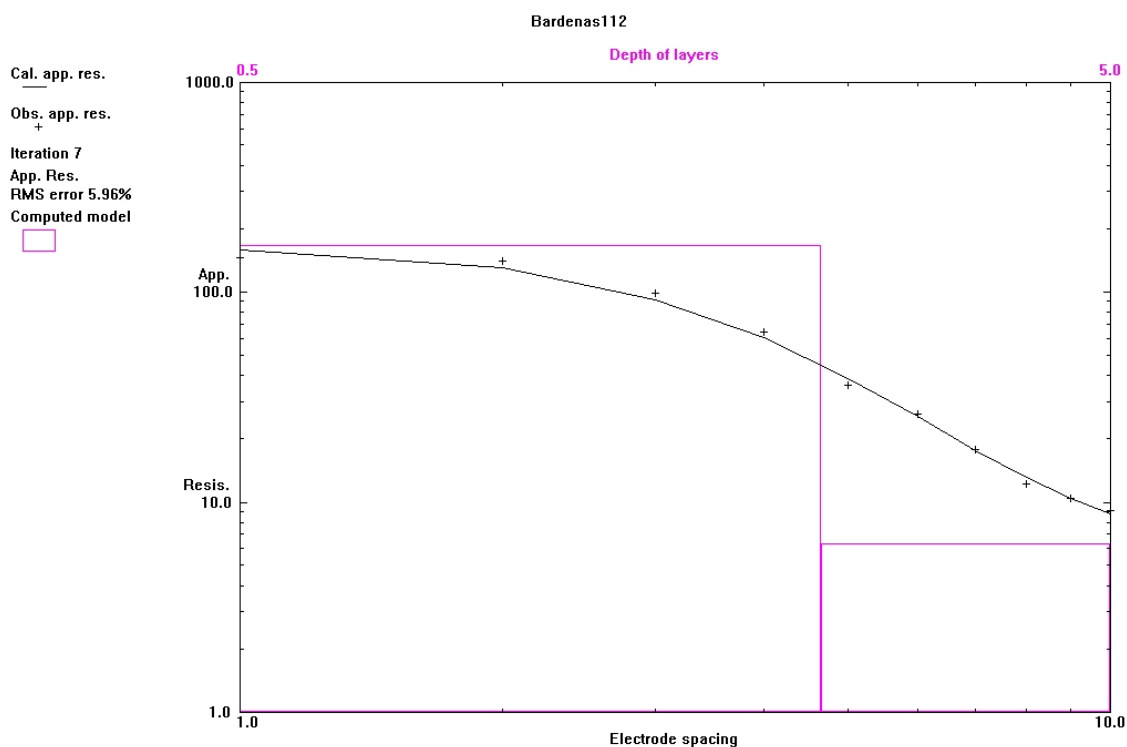
Fecha 2 de noviembre de 2009
 Hora 16:50
 Lugar Bardenas Reales
 Unidad cartográfica 112
 Coord. 621273 4660838 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	21,6	135,7168	1	24,8	155,823	145,7698991
2	10,85	136,34512	2	11,67	146,64955	141,4973331
3	5,37	101,22212	3	5,1	96,132735	98,67742525
4	2,35	59,061942	4	2,79	70,120348	64,59114496
5	1,17	36,756634	5	1,12	35,185838	35,97123588
6	0,78	29,405307	6	0,62	23,373449	26,38937829
7	0,44	19,352211	7	0,37	16,27345	17,81283035
8	0,25	12,566371	8	0,24	12,063716	12,3150432
9	0,18	10,17876	9	0,19	10,744247	10,46150354
10	0,15	9,424778	10	0,14	8,7964594	9,110618695

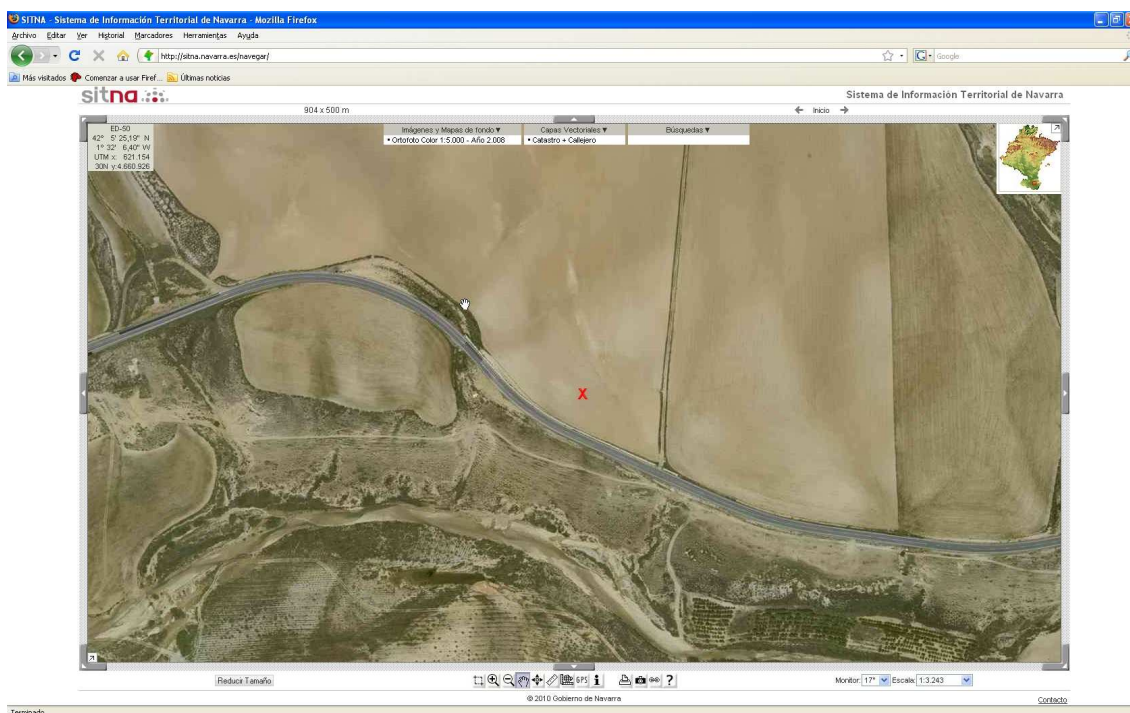




Gráfica RES1D



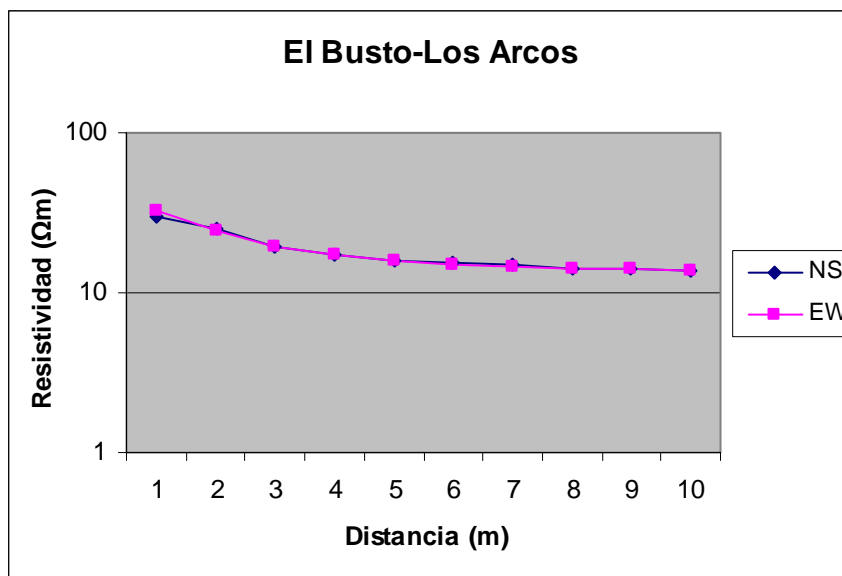
Localización SITNA



**El Busto 112**

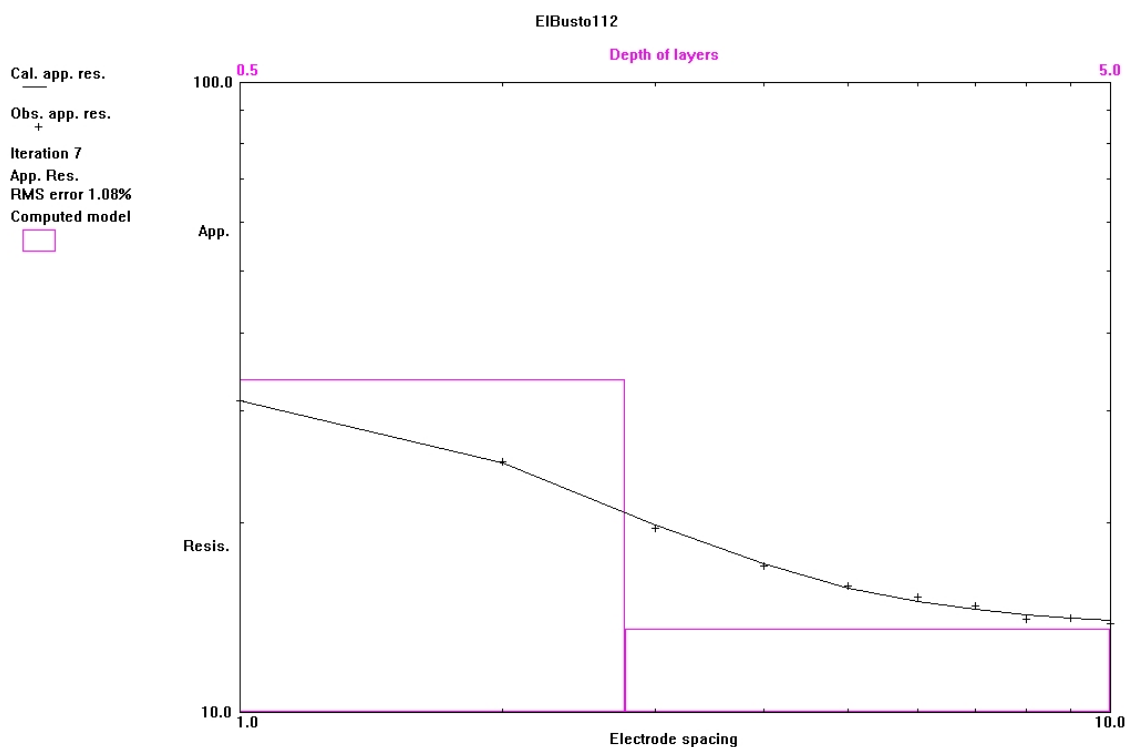
Fecha 5 de noviembre de 2009
 Hora 11:22
 Lugar El Busto-Los Arcos
 Unidad cartográfica 112
 Coord. 564156 4712727 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	4,72	29,656635	1	5,21	32,735395	31,19601505
2	2,02	25,384069	2	1,96	24,630086	25,00707752
3	1,04	19,603538	3	1,04	19,603538	19,60353816
4	0,68	17,090264	4	0,68	17,090264	17,09026404
5	0,5	15,707963	5	0,51	16,022123	15,8650429
6	0,41	15,456636	6	0,4	15,079645	15,2681403
7	0,34	14,953981	7	0,33	14,514158	14,73406955
8	0,28	14,074335	8	0,28	14,074335	14,07433509
9	0,25	14,137167	9	0,25	14,137167	14,13716694
10	0,22	13,823008	10	0,22	13,823008	13,82300768

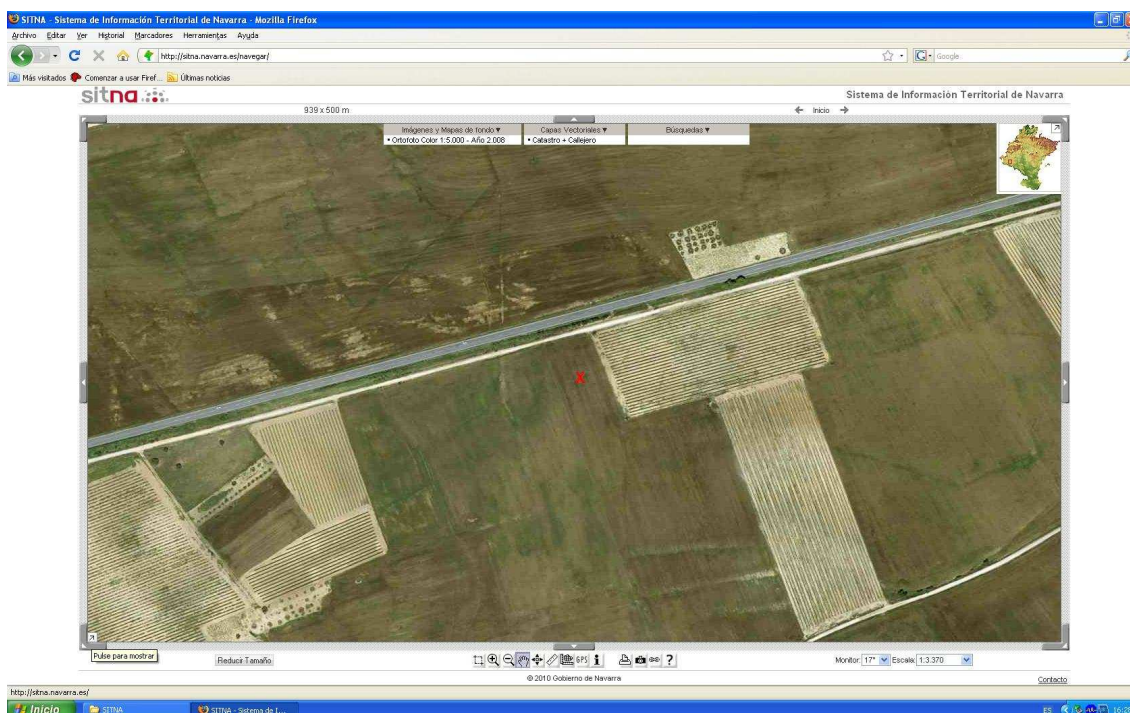




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Rada 112

Fecha 3 de noviembre de 2009

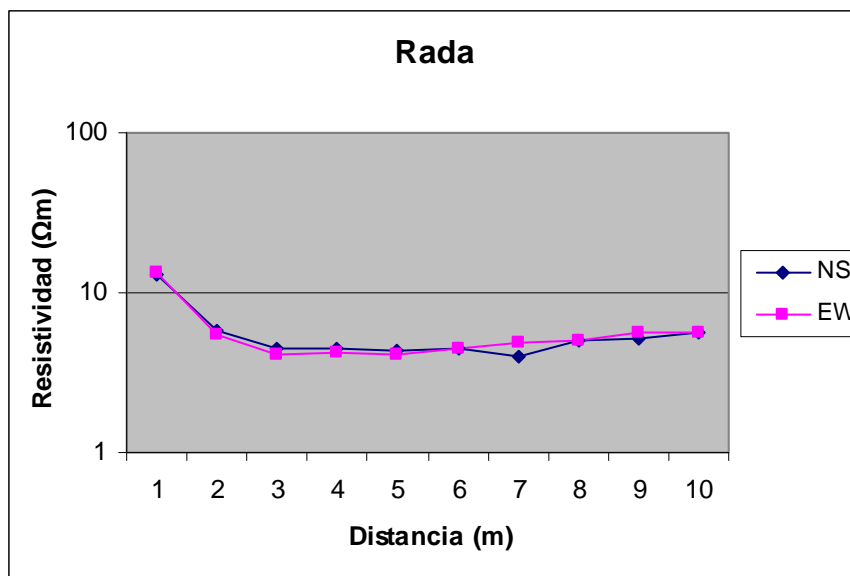
Hora 10:25

Lugar Rada

Unidad cartográfica 112

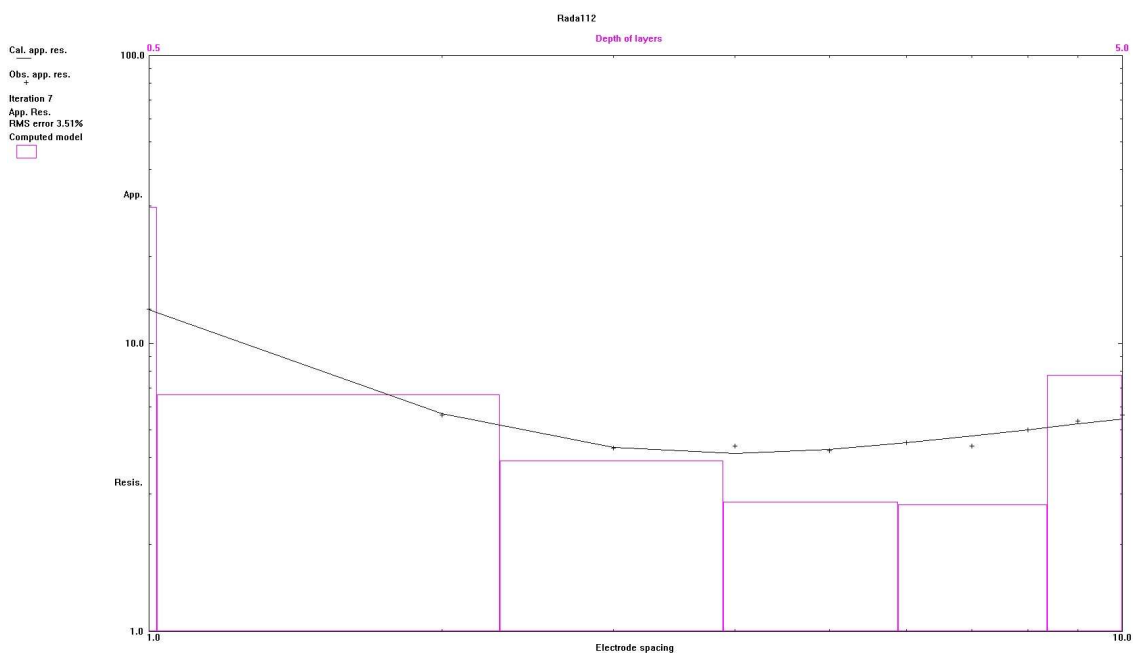
Coord. 616473 4687936 Error 5 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	2,06	12,943362	1	2,13	13,3831847	13,16327322
2	0,46	5,7805305	2	0,44	5,52920307	5,654866776
3	0,24	4,5238934	3	0,22	4,1469023	4,335397862
4	0,18	4,5238934	4	0,17	4,27256601	4,398229715
5	0,14	4,3982297	5	0,13	4,08407045	4,241150082
6	0,12	4,5238934	6	0,12	4,52389342	4,523893421
7	0,09	3,9584067	7	0,11	4,83805269	4,398229715
8	0,1	5,0265482	8	0,1	5,02654825	5,026548246
9	0,09	5,0893801	9	0,1	5,65486678	5,372123438
10	0,09	5,6548668	10	0,09	5,65486678	5,654866776

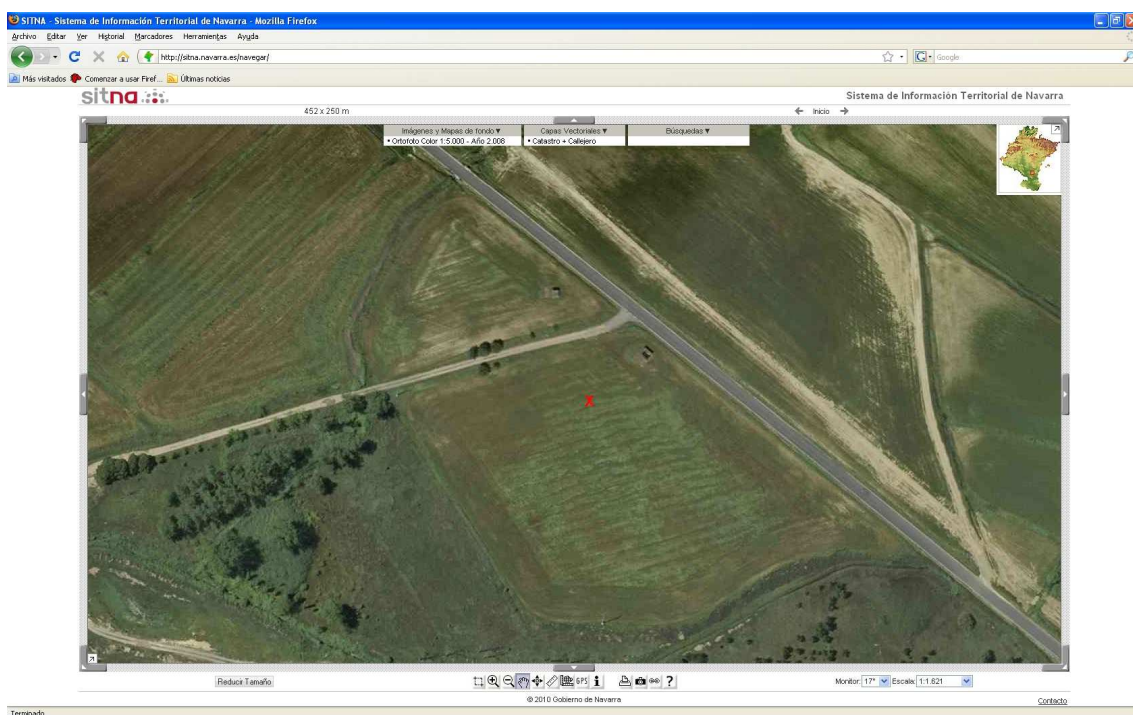




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Sorlada 116

Fecha 16 de nov. de 2009

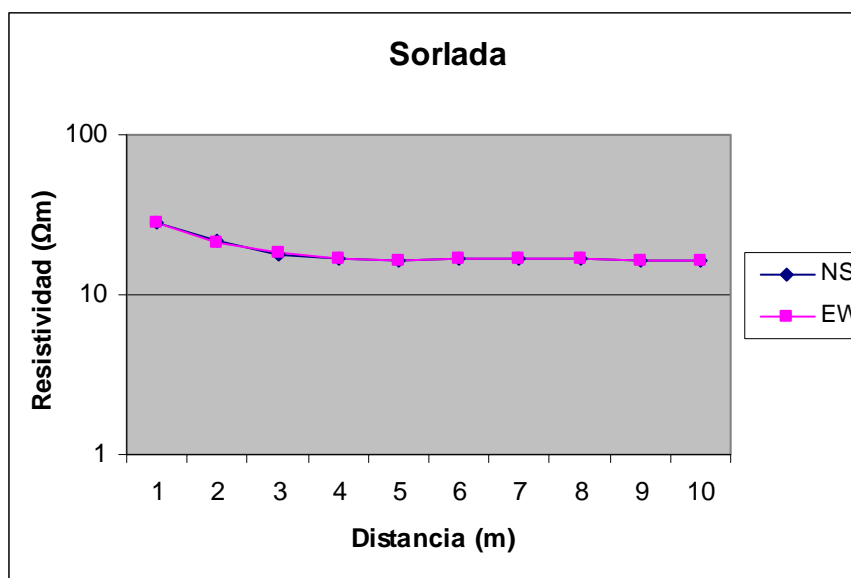
Hora 12:40

Lugar Sorlada

Unidad cartográfica 116

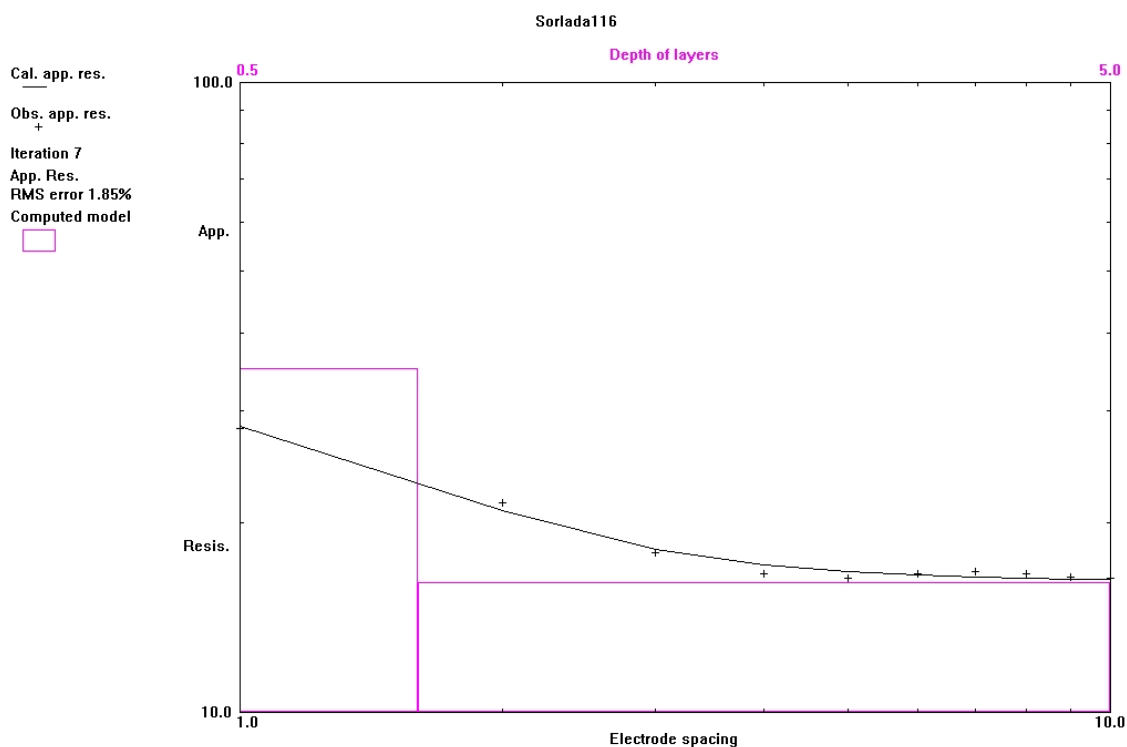
Coord. 564201 4718894 Error 4 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	4,52	28,399998	1	4,46	28,023006	28,21150203
2	1,75	21,991149	2	1,67	20,985839	21,48849375
3	0,93	17,530087	3	0,97	18,284069	17,90707813
4	0,66	16,587609	4	0,66	16,587609	16,58760921
5	0,52	16,336282	5	0,52	16,336282	16,3362818
6	0,44	16,587609	6	0,44	16,587609	16,58760921
7	0,38	16,713273	7	0,38	16,713273	16,71327292
8	0,33	16,587609	8	0,33	16,587609	16,58760921
9	0,29	16,399114	9	0,29	16,399114	16,39911365
10	0,26	16,336282	10	0,26	16,336282	16,3362818

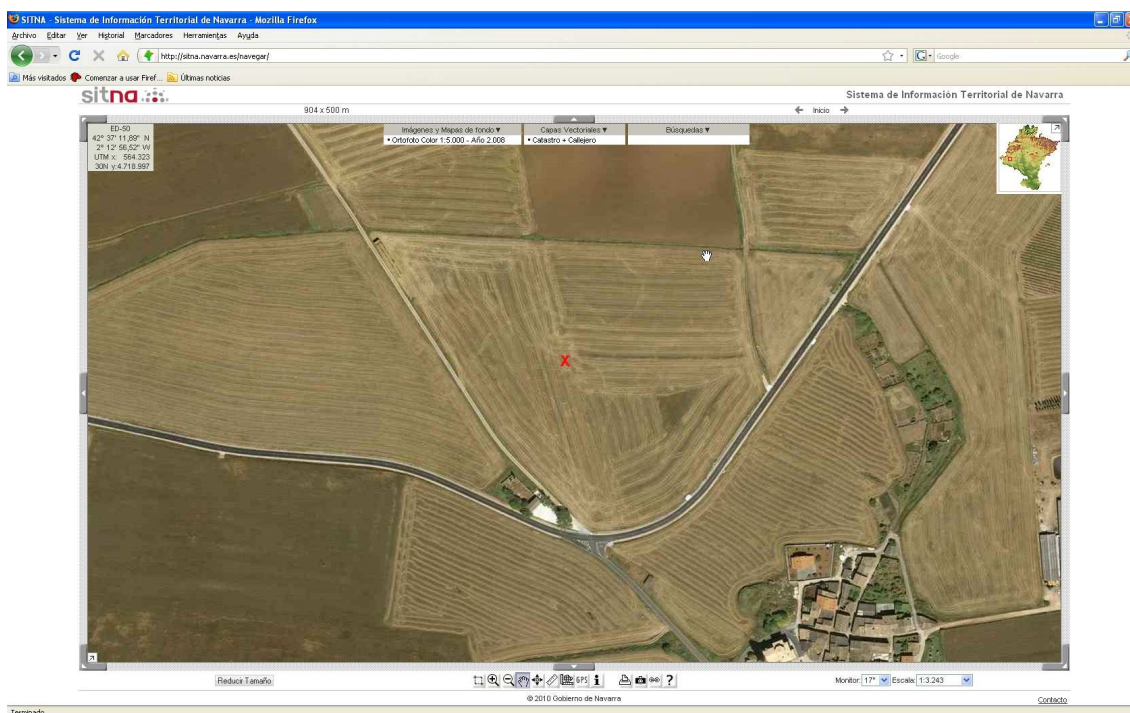




Gráfica RES1D



Localización SITNA





4.9 Pleistoceno

Peralta 120

Fecha 9 de marzo de 2010

Hora 1305

Lugar Peralta

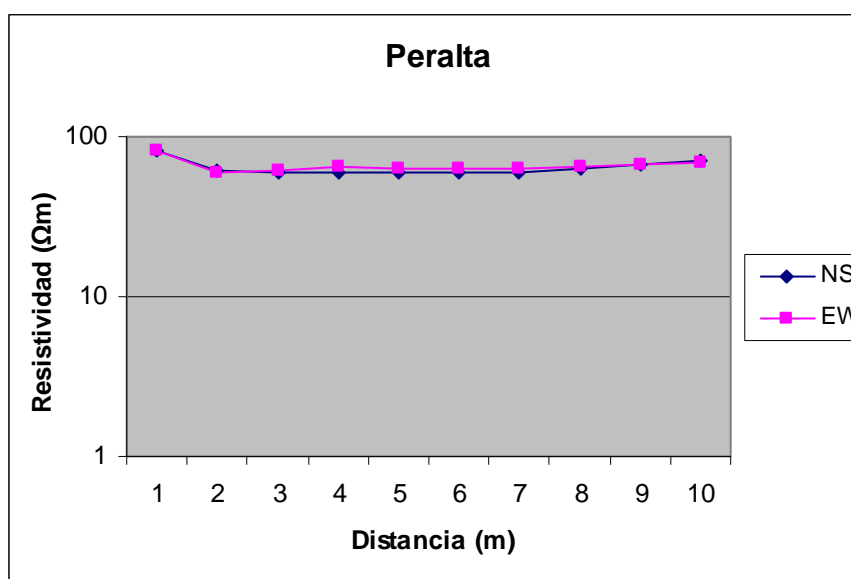
Unidad cartográfica 120

Coord. 596326 4683395 Error 2 m

Orientación NS

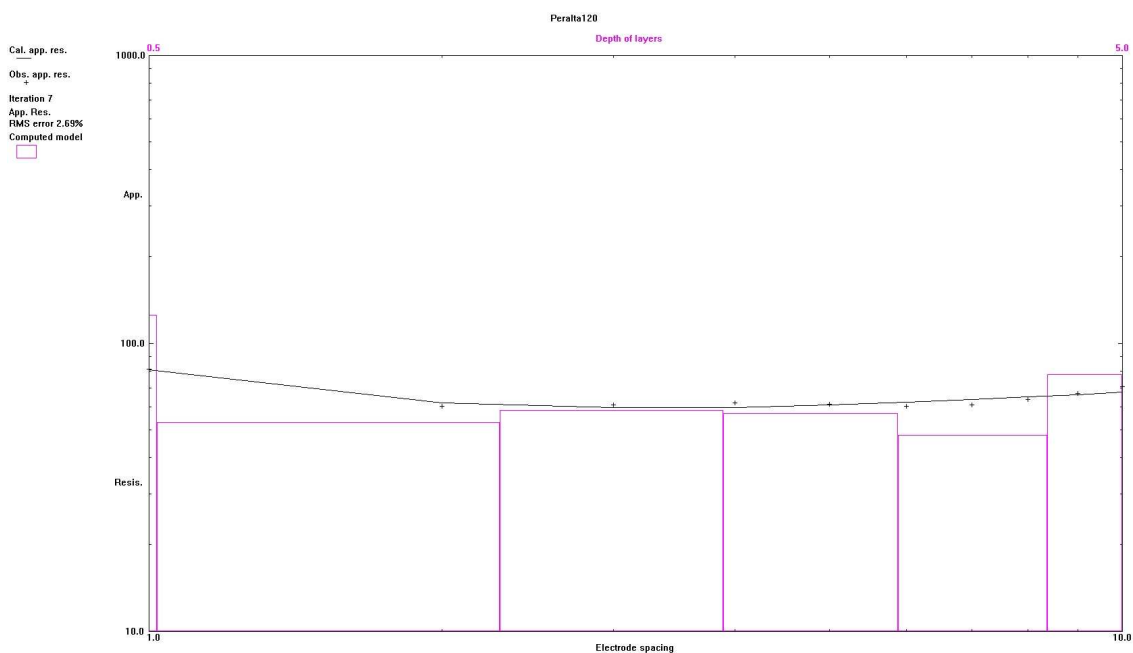
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	13,02	81,807073	1	12,96	81,430082	81,61857714
2	4,9	61,575216	2	4,74	59,564597	60,56990636
3	3,2	60,318579	3	3,29	62,015039	61,16680897
4	2,39	60,067252	4	2,55	64,08849	62,07787083
5	1,89	59,376101	5	2,02	63,460172	61,41813638
6	1,56	58,810614	6	1,66	62,580526	60,69557007
7	1,37	60,255747	7	1,42	62,454862	61,35530452
8	1,26	63,334508	8	1,28	64,339818	63,83716272
9	1,19	67,292915	9	1,18	66,727428	67,0101713
10	1,14	71,628313	10	1,11	69,743357	70,68583471

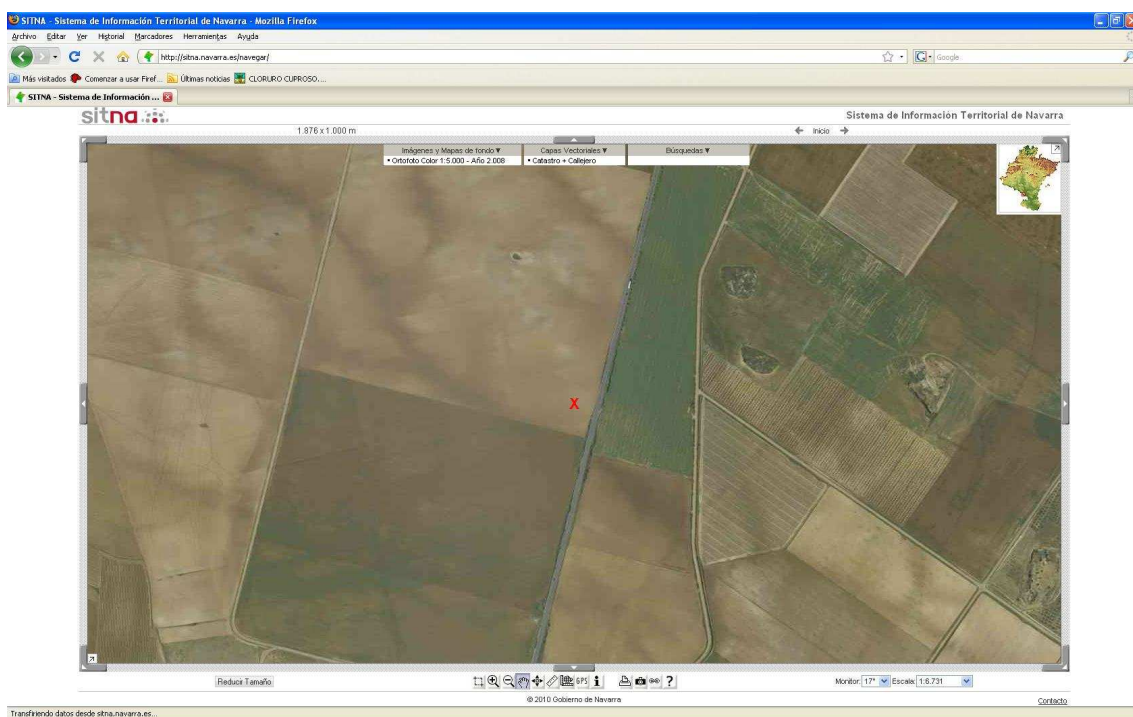




Gráfica RES1D



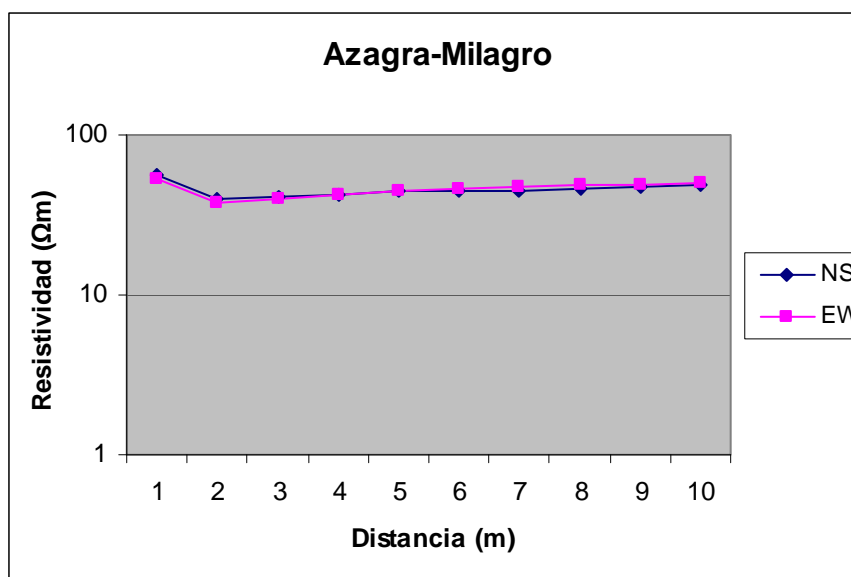
Localización SITNA



Azagra-Milagro 121

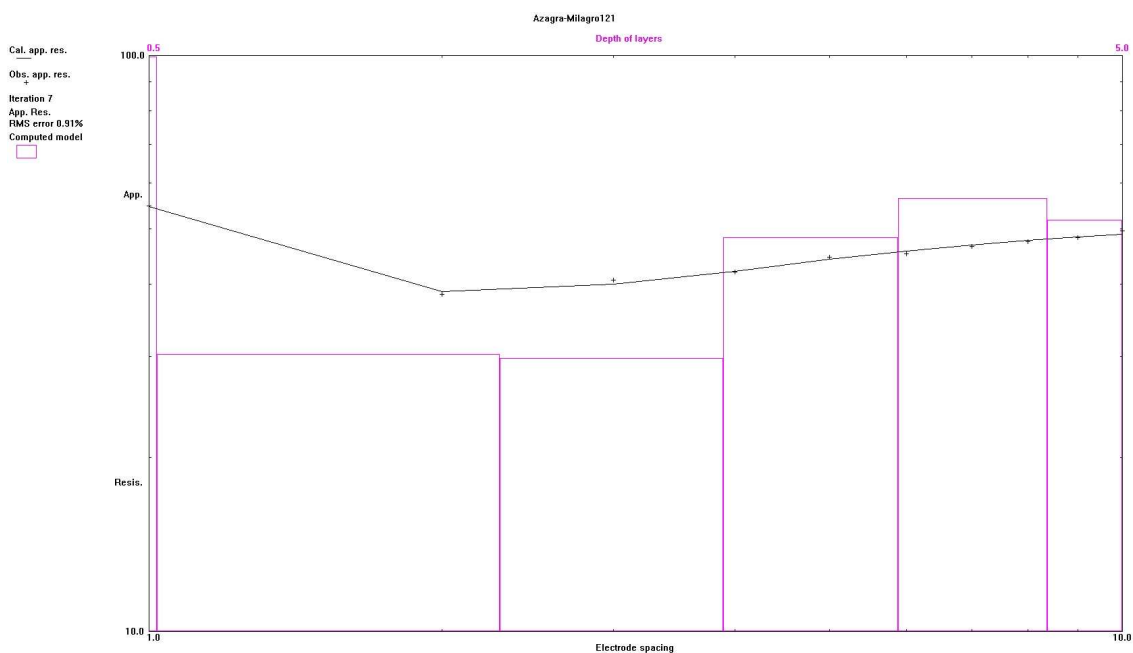
Fecha 9 de marzo de 2010
 Hora 1215
 Lugar Azagra-Milagro
 Unidad cartográfica 121
 Coord. 597119 4680162 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	8,94	56,171677	1	8,51	53,469907	54,82079181
2	3,14	39,458404	2	2,98	37,447784	38,45309408
3	2,18	41,092032	3	2,14	40,33805	40,71504079
4	1,66	41,72035	4	1,69	42,474333	42,09734156
5	1,42	44,610616	5	1,42	44,610616	44,61061568
6	1,17	44,107961	6	1,23	46,369908	45,23893421
7	1,03	45,301766	7	1,09	47,940704	46,62123498
8	0,92	46,244244	8	0,97	48,757518	47,50088092
9	0,84	47,500881	9	0,87	49,197341	48,34911094
10	0,78	49,008845	10	0,8	50,265482	49,63716393

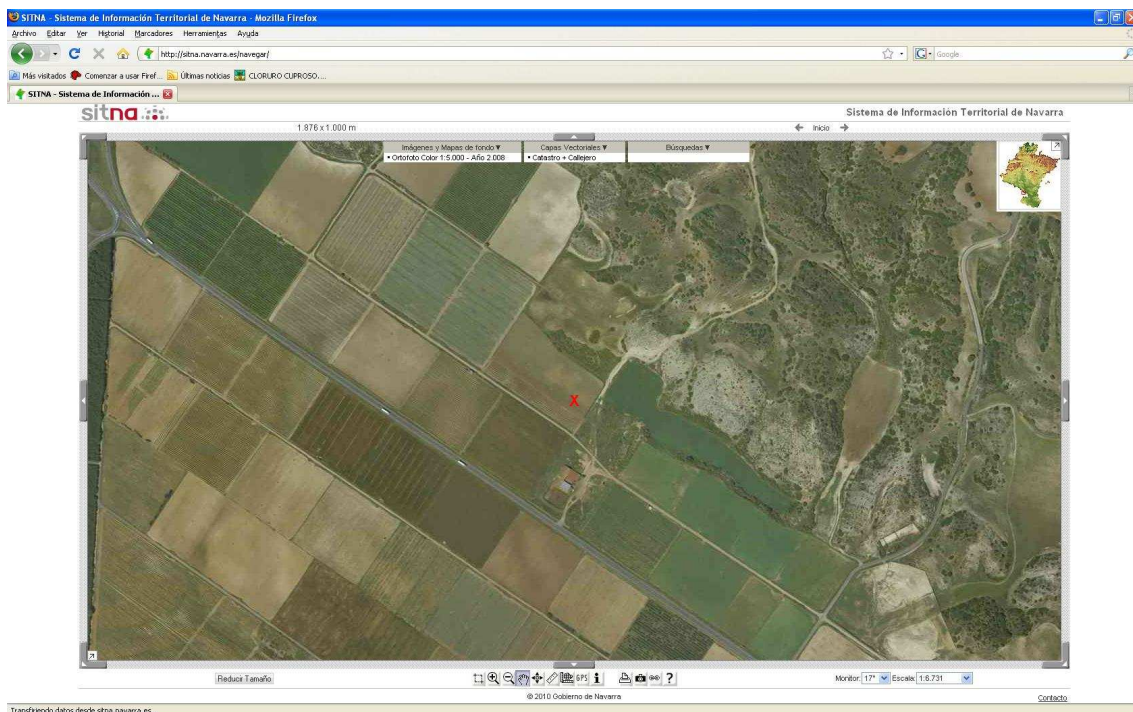




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Buñuel 121**

Fecha 3 de febrero de 2010

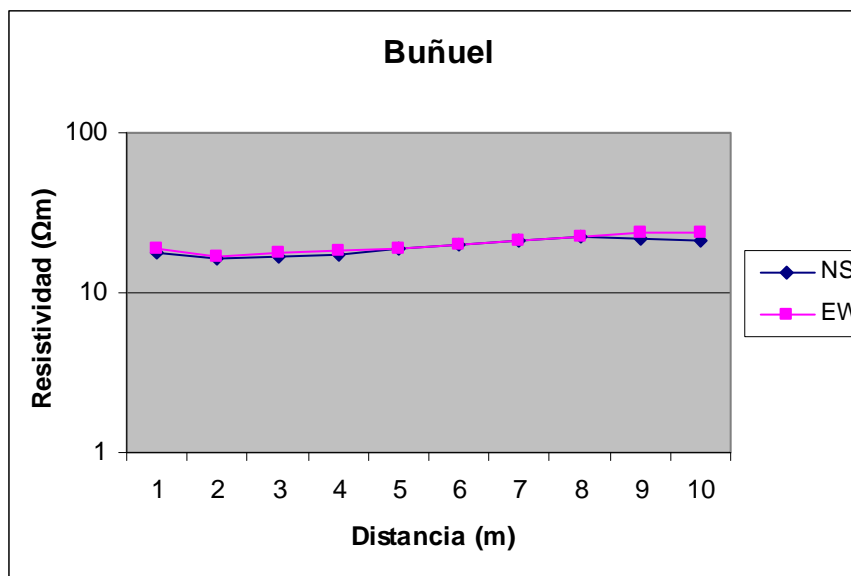
Hora 12:45

Lugar Buñuel

Unidad cartográfica 121

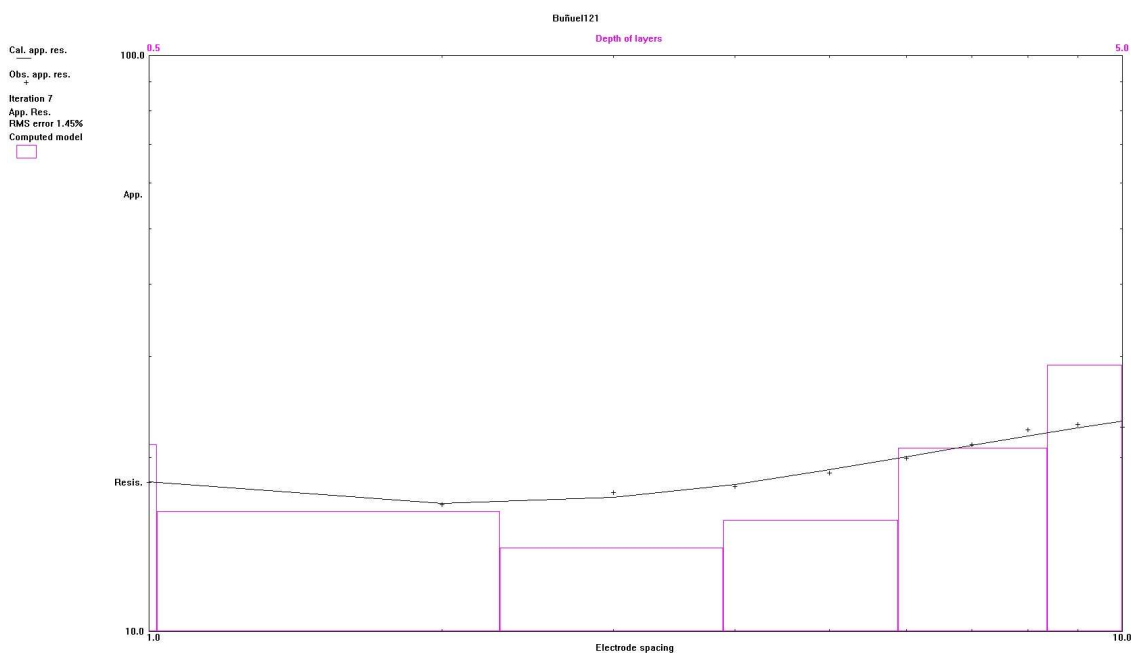
Coord. 625763 4647744 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	2,79	17,530087	1	2,99	18,786724	18,15840554
2	1,29	16,210618	2	1,35	16,9646	16,58760921
3	0,9	16,9646	3	0,95	17,907078	17,43583923
4	0,69	17,341591	4	0,73	18,346901	17,84424627
5	0,6	18,849556	5	0,6	18,849556	18,84955592
6	0,53	19,980529	6	0,53	19,980529	19,98052928
7	0,48	21,111503	7	0,48	21,111503	21,11150263
8	0,44	22,116812	8	0,45	22,619467	22,36813969
9	0,39	22,05398	9	0,42	23,75044	22,90221044
10	0,34	21,36283	10	0,38	23,876104	22,61946711

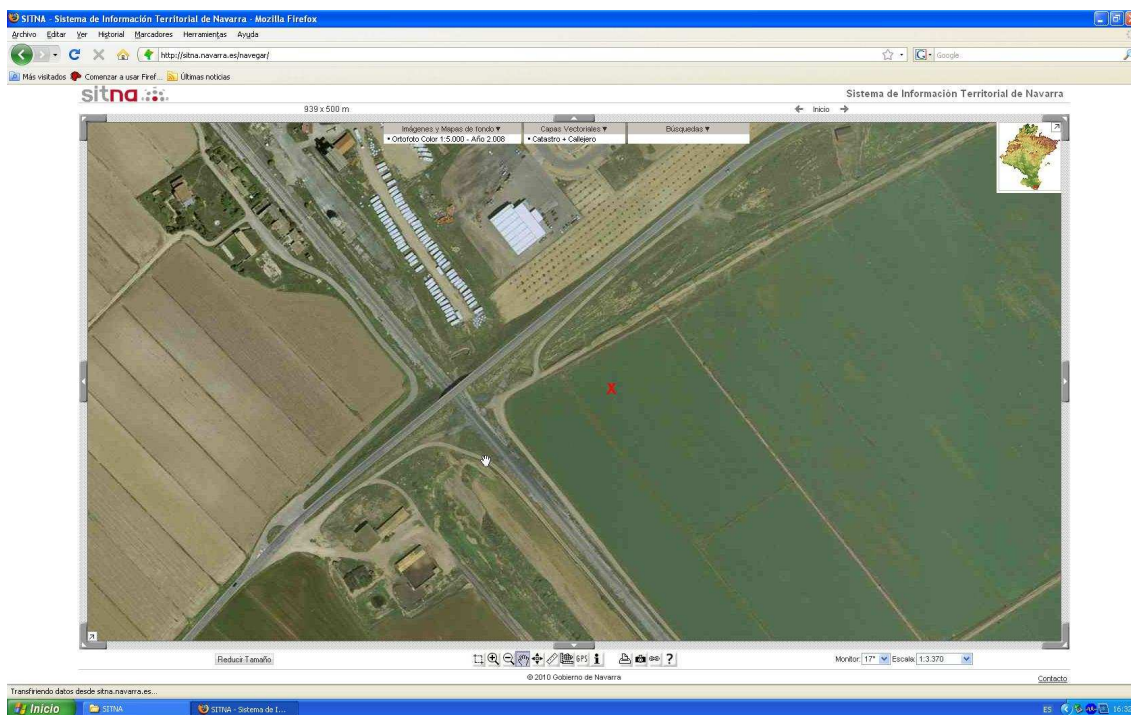




Gráfica RES1D



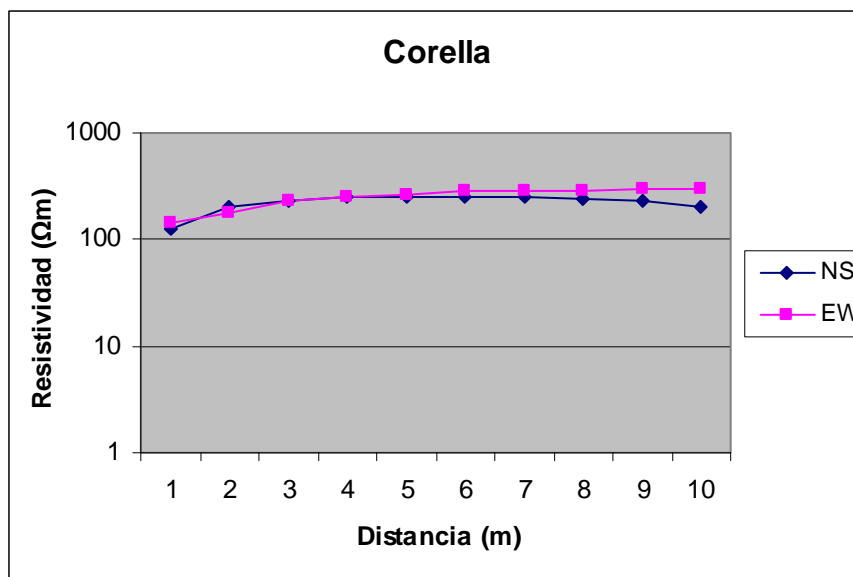
Localización SITNA



**Corella 121**

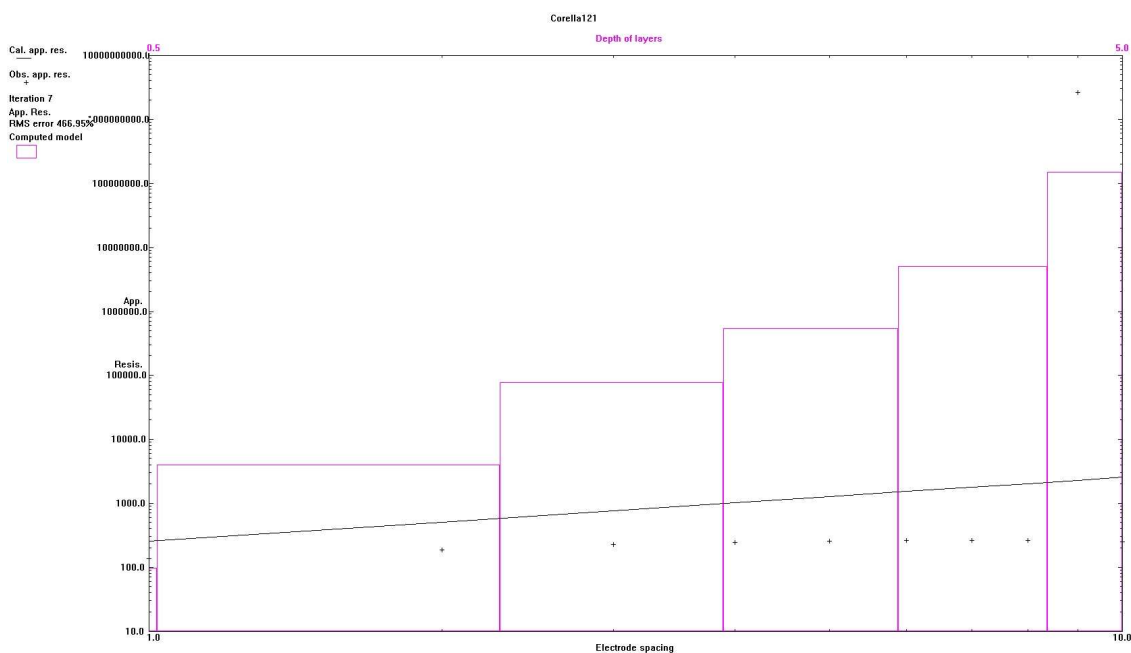
Fecha 9 de marzo de 2010
 Hora 1035
 Lugar Corella
 Unidad cartográfica 121
 Coord. 600605 4661729 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	19,98	125,53804	1	23,3	146,39822	135,96813
2	15,89	199,67963	2	14,44	181,45839	190,5690104
3	12,38	233,3575	3	12,14	228,83361	231,0955556
4	9,82	246,80352	4	9,92	249,31679	248,0601559
5	7,99	251,01325	5	8,41	264,20794	257,6105976
6	6,7	252,58405	6	7,47	281,61237	267,0982074
7	5,64	248,06016	7	6,48	285,00529	266,5327207
8	4,79	240,77166	8	5,67	285,00529	262,8884733
9	4,04	228,45662	9	5,18	292,9221	260,6893584
10	3,26	204,83184	10	4,67	293,42475	249,1282974

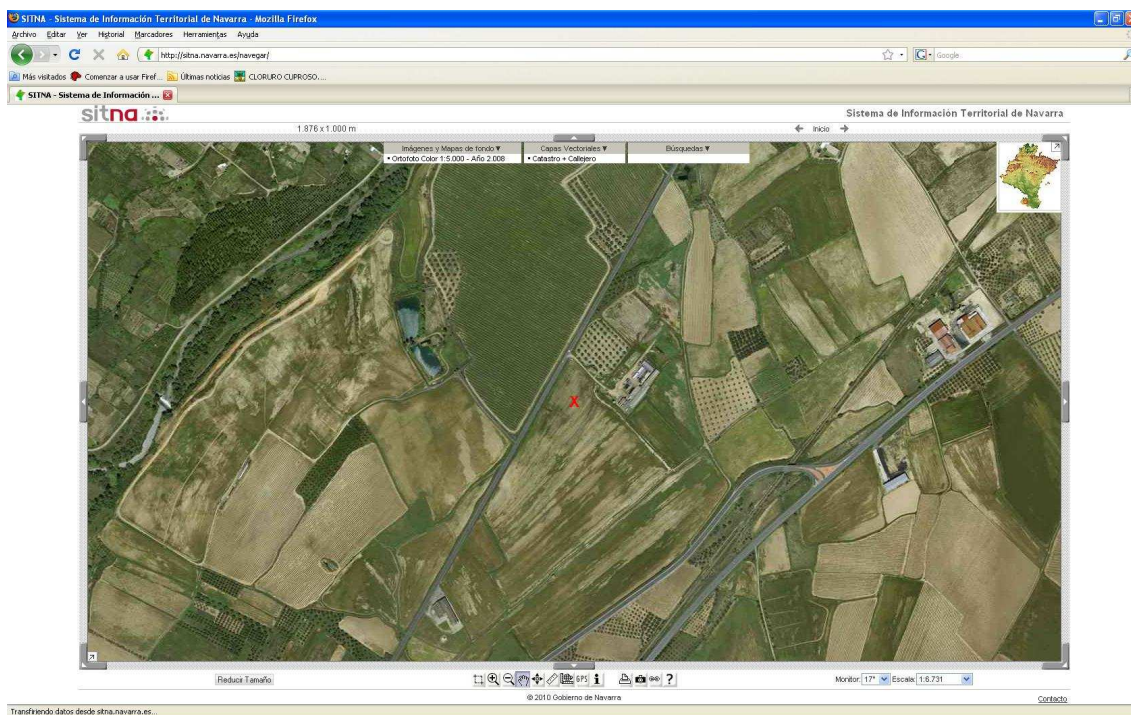




Gráfica RES1D



Localización SITNA



Villafranca 121

Fecha 3 de febrero de 2010

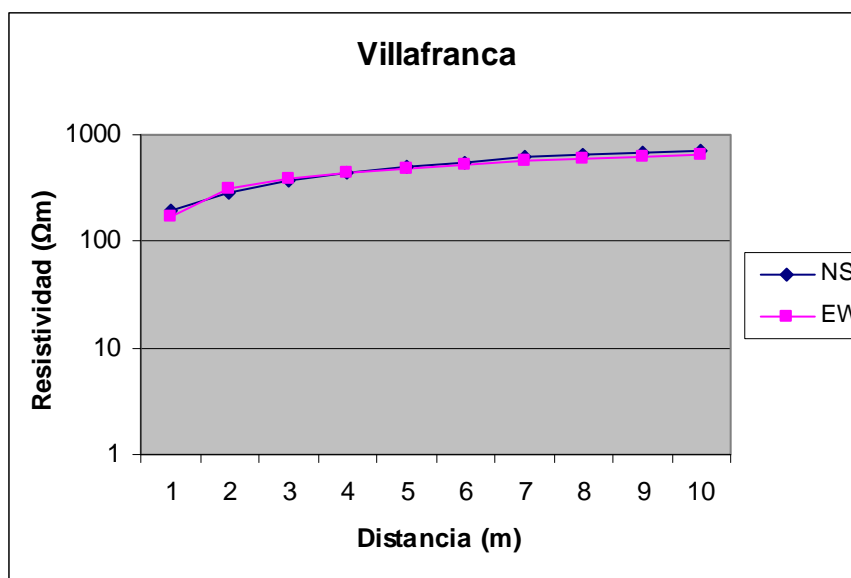
Hora 15:45

Lugar Villafranca

Unidad cartográfica 121

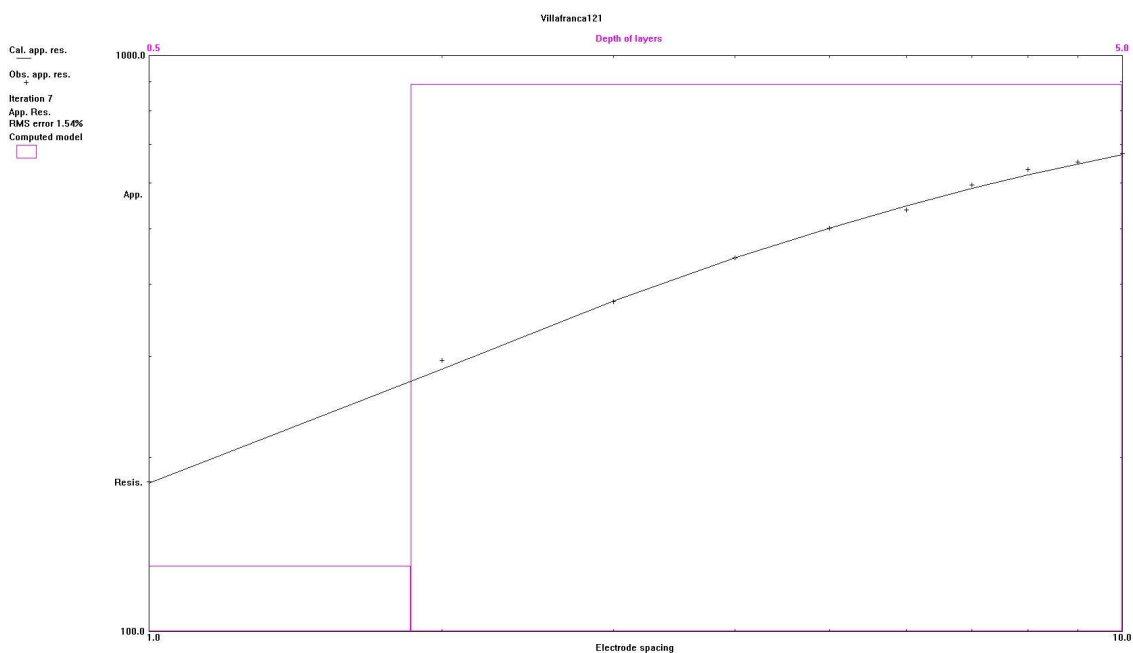
Coord. 605024 4679593 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	30,6	192,26547	1	27,3	171,53096	181,8982146
2	22,7	285,25661	2	24,3	305,36281	295,3097094
3	19,36	364,9274	3	20,3	382,64599	373,7866939
4	17,8	447,36279	4	17,62	442,8389	445,1008472
5	16,3	512,0796	5	15,59	489,77429	500,9269486
6	14,57	549,27606	6	14,05	529,67252	539,4742905
7	14,17	623,22915	7	12,95	569,57075	596,3999494
8	13,14	660,48844	8	12,1	608,21234	634,3503886
9	12,17	688,19729	9	10,93	618,07694	653,1371127
10	11,35	713,14153	10	10,2	640,8849	677,0132168

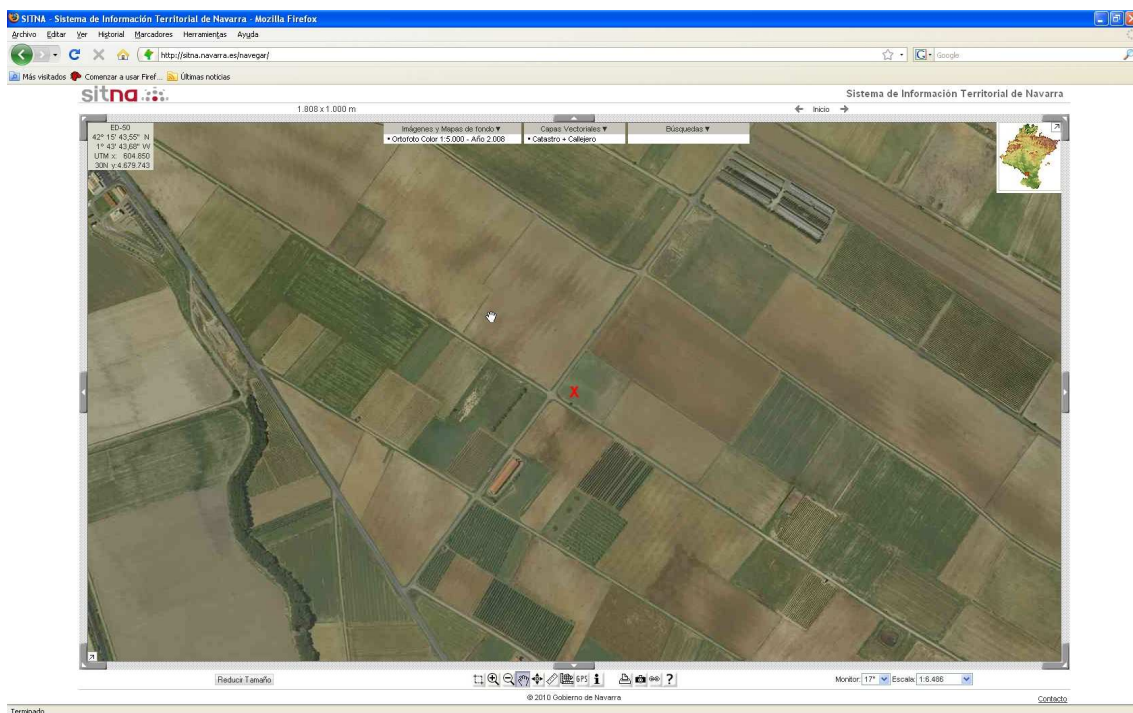




Gráfica RES1D



Localización SITNA



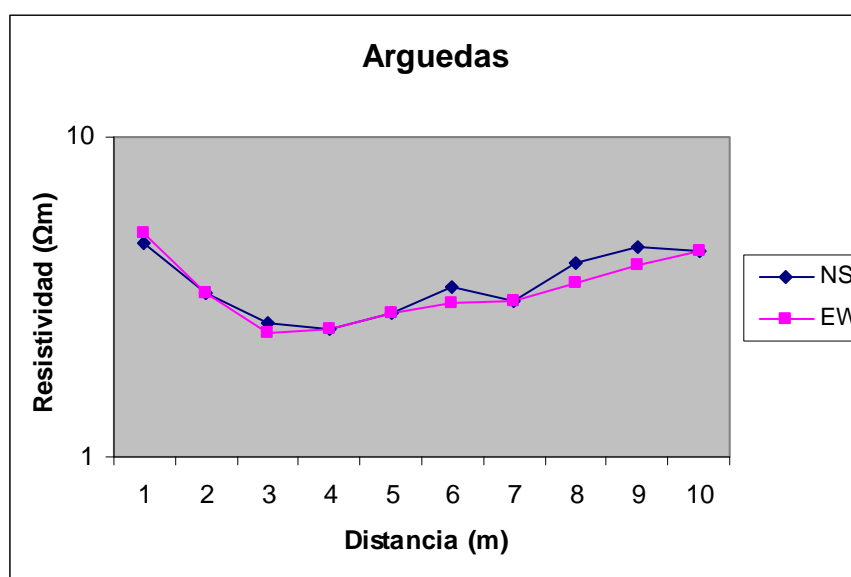


4.10 Holoceno

Arguedas 123

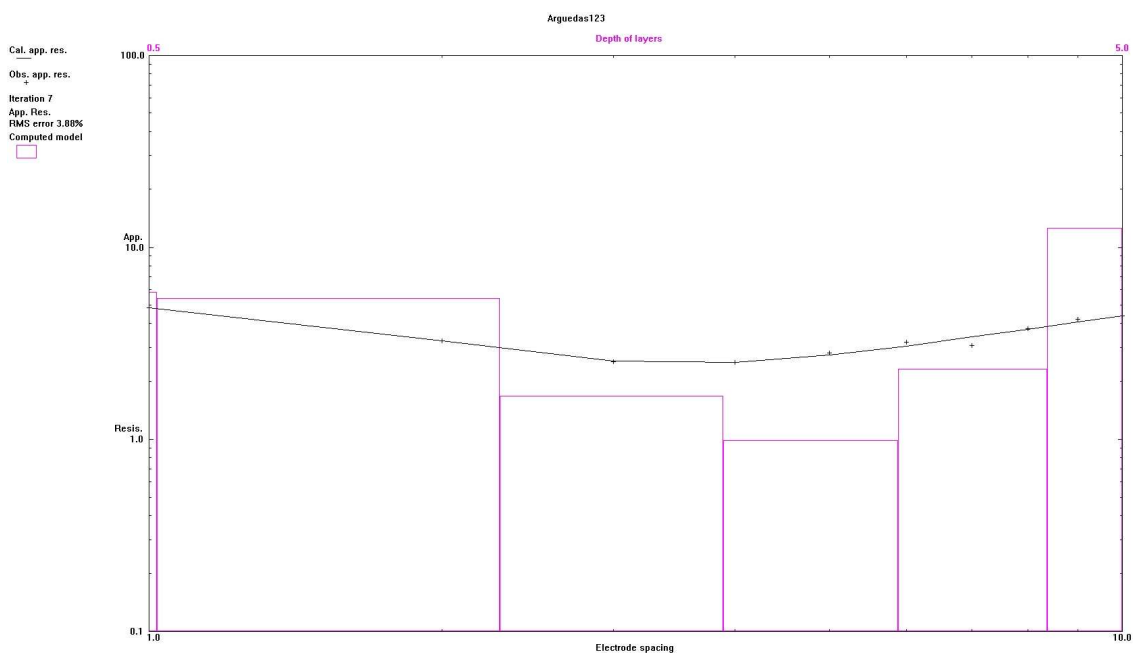
Fecha 2 de noviembre de 2009
 Hora 15:50
 Lugar Arguedas
 Unidad cartográfica 123
 Coord. 617070 4665677 Error 3 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	0,74	4,6495571	1	0,8	5,0265482	4,838052687
2	0,26	3,2672564	2	0,26	3,2672564	3,26725636
3	0,14	2,6389378	3	0,13	2,4504423	2,544690049
4	0,1	2,5132741	4	0,1	2,5132741	2,513274123
5	0,09	2,8274334	5	0,09	2,8274334	2,827433388
6	0,09	3,3929201	6	0,08	3,0159289	3,204424507
7	0,07	3,0787608	7	0,07	3,0787608	3,078760801
8	0,08	4,0212386	8	0,07	3,5185838	3,769911184
9	0,08	4,5238934	9	0,07	3,9584067	4,241150082
10	0,07	4,3982297	10	0,07	4,3982297	4,398229715

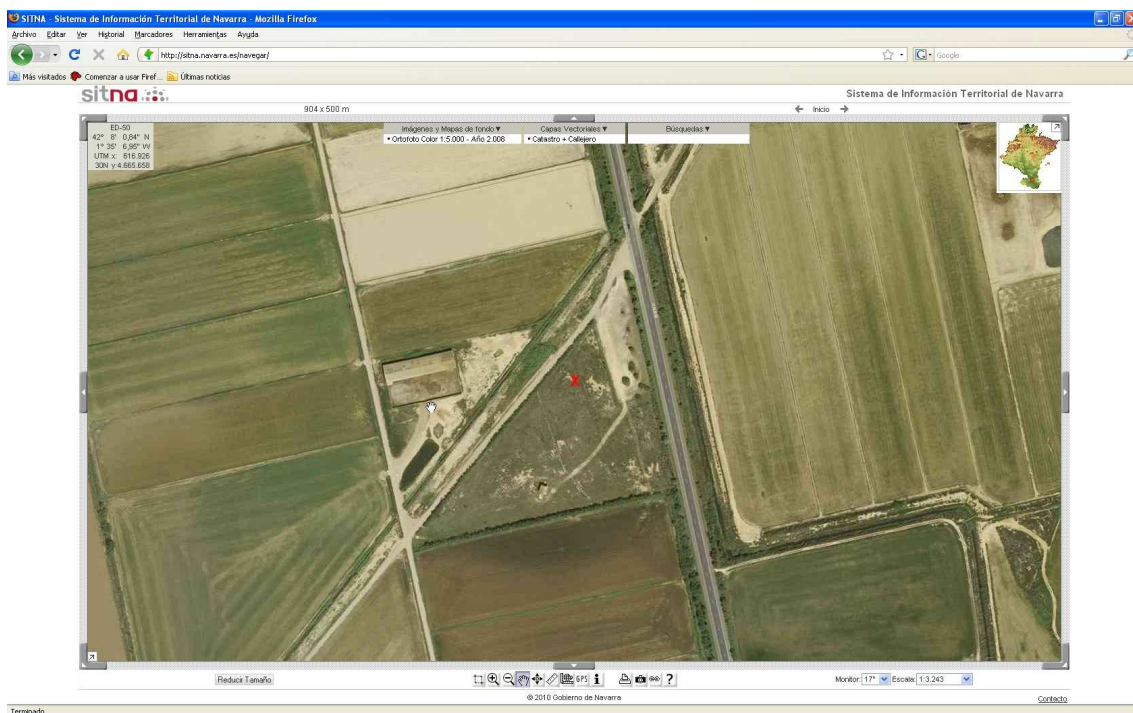




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Bozate 125**

Fecha 2 de febrero de 2010

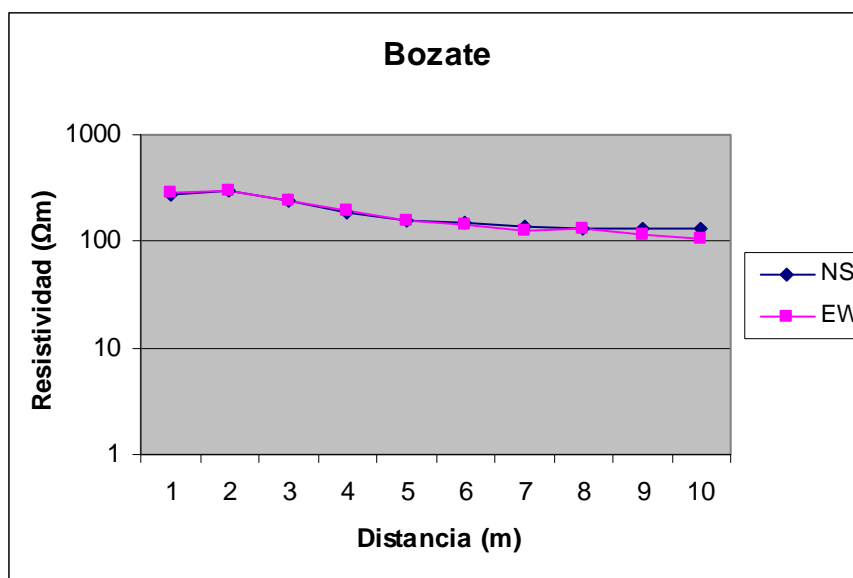
Hora 11:55

Lugar Bozate

Unidad cartográfica 125

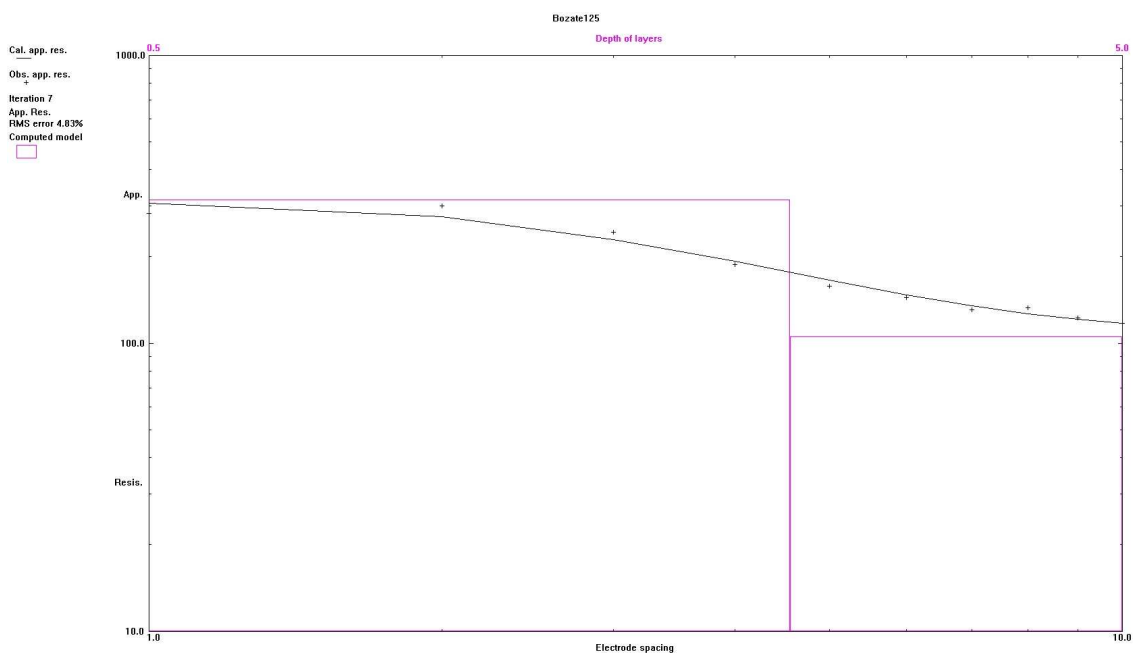
Coord. 624507 4782482 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	43,9	275,83183	1	46,4	291,539798	283,6858166
2	23,5	295,30971	2	24,2	304,106169	299,7079392
3	12,85	242,21679	3	13,01	245,232723	243,7247581
4	7,27	182,71503	4	7,7	193,522107	188,1185681
5	5,07	159,27875	5	4,99	156,765473	158,0221105
6	3,94	148,5345	6	3,73	140,617687	144,5760939
7	3,1	136,34512	7	2,87	126,229193	131,287157
8	2,63	132,19822	8	2,66	133,706183	132,9522011
9	2,28	128,93096	9	2,06	116,490256	122,710609
10	2,08	130,69025	10	1,67	104,929195	117,8097245

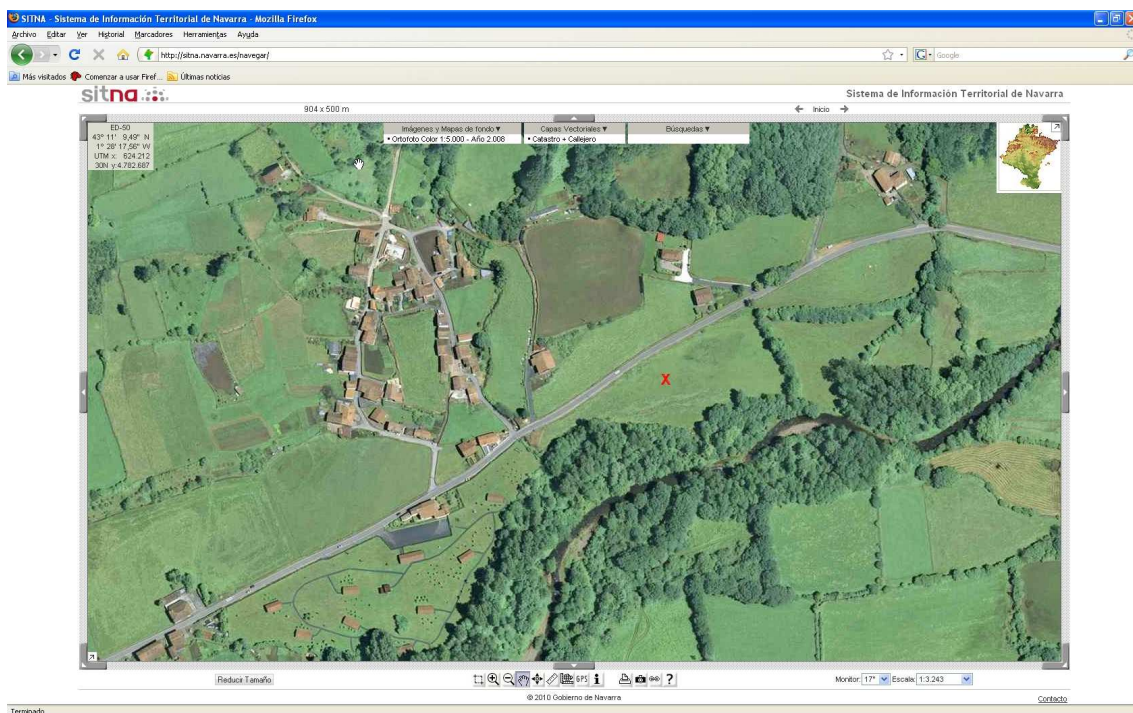




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Buñuel 125**

Fecha 3 de febrero de 2010

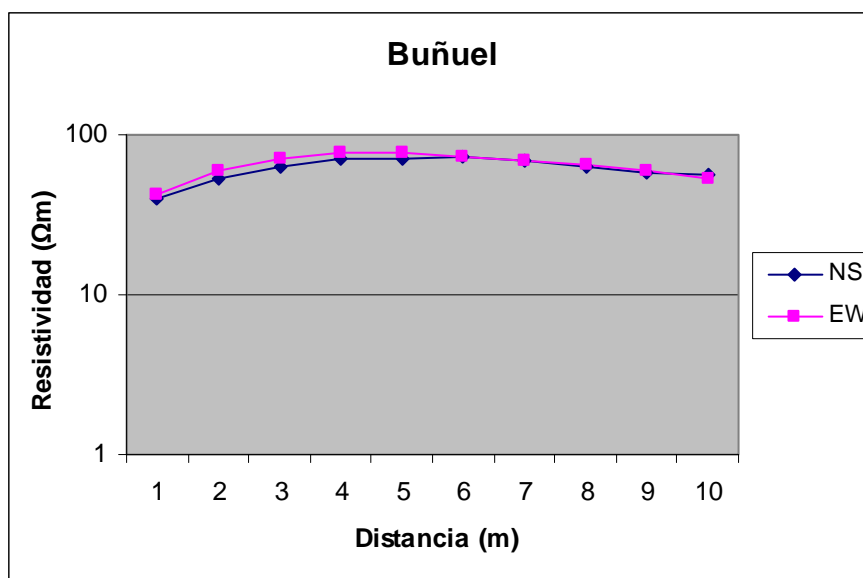
Hora 11:35

Lugar Buñuel

Unidad cartográfica 125

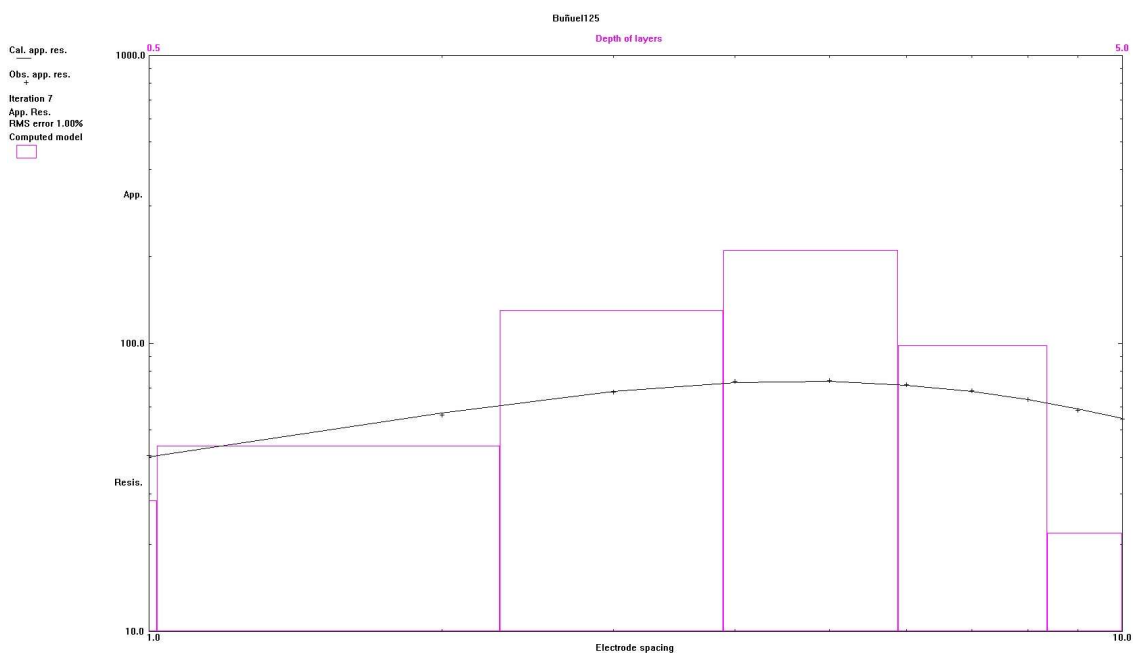
Coord. 627259 4648400 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	6,35	39,8982267	1	6,64	41,72035	40,80928857
2	4,25	53,4070751	2	4,72	59,313269	56,36017221
3	3,39	63,8999946	3	3,79	71,439817	67,66990576
4	2,8	70,3716754	4	3,07	77,157516	73,76459551
5	2,28	71,6283125	5	2,46	77,283179	74,45574589
6	1,91	72,0053036	6	1,91	72,005304	72,00530362
7	1,55	68,1725606	7	1,57	69,052207	68,61238355
8	1,27	63,8371627	8	1,28	64,339818	64,08849013
9	1,03	58,2451278	9	1,04	58,810614	58,52787114
10	0,89	55,9203492	10	0,85	53,407075	54,66371217

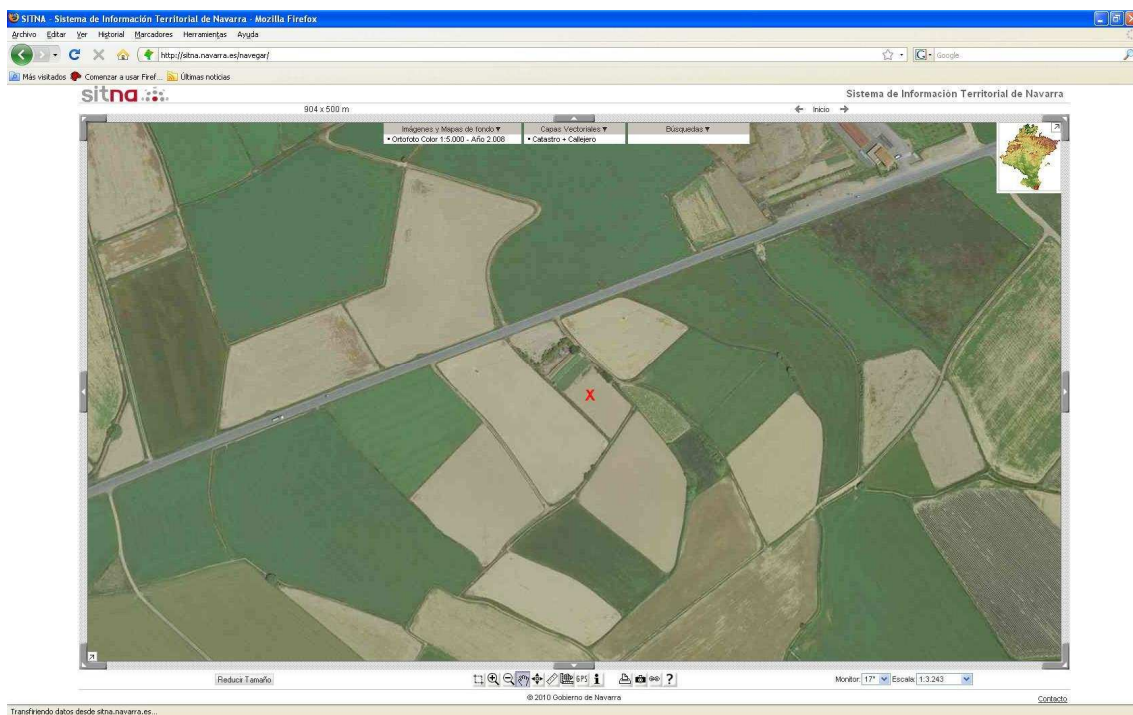




Gráfica RES1D



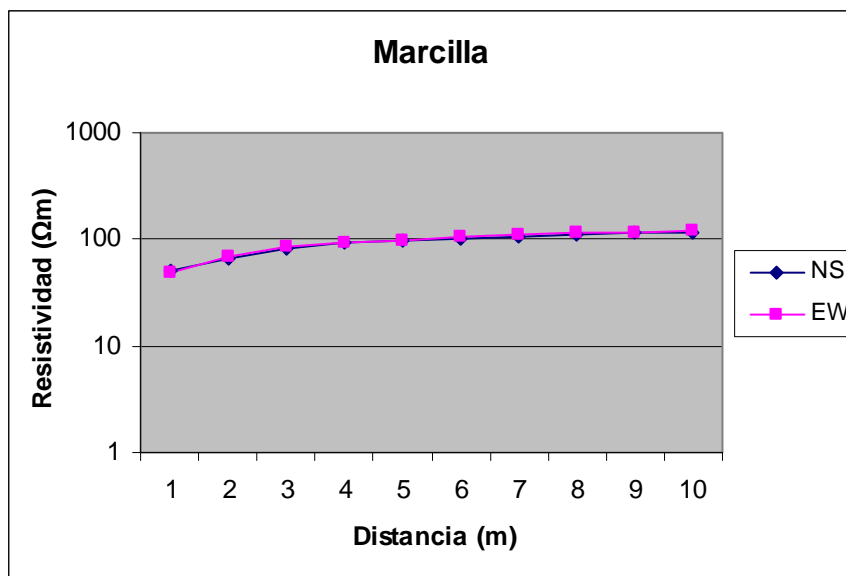
Localización SITNA



**Marcilla 125**

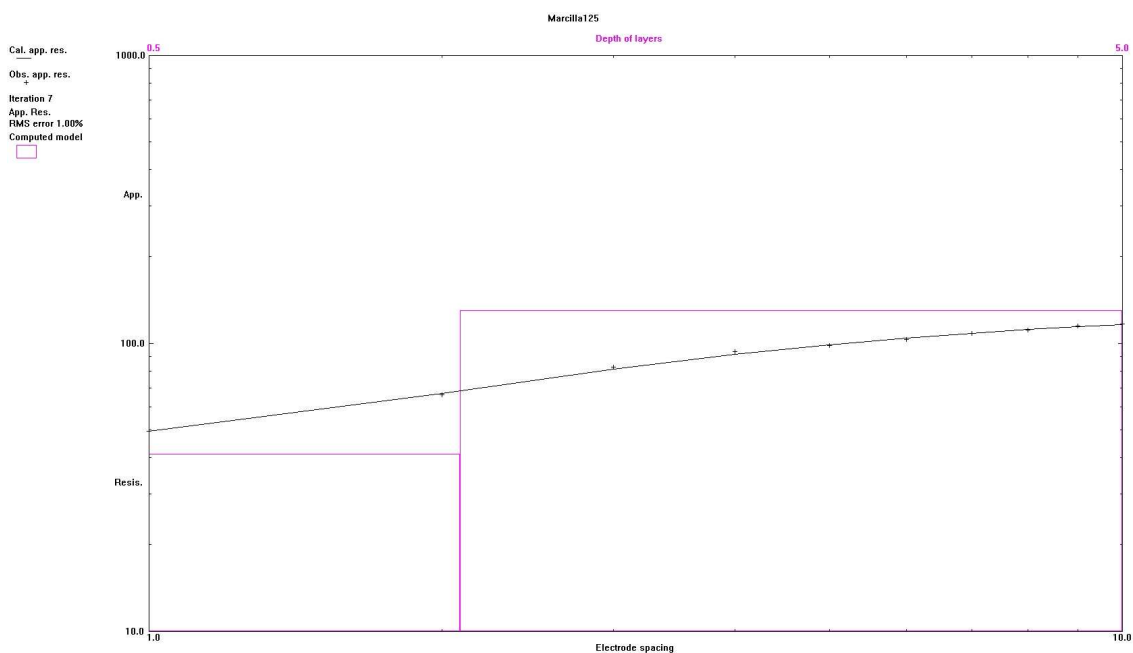
Fecha 3 de febrero de 2010
 Hora 16:40
 Lugar Marcilla Barrio de la Azucarera
 Unidad cartográfica 125
 Coord. 606152 4688050 Error 2 m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	7,93	49,825659	1	7,9	49,6371639	49,73141171
2	5,2	65,345127	2	5,37	67,4814102	66,4132687
3	4,33	81,618577	3	4,45	83,8805239	82,7495505
4	3,73	93,745125	4	3,71	93,24247	93,49379737
5	3,16	99,274328	5	3,11	97,7035315	98,48892969
6	2,72	102,54158	6	2,75	103,672558	103,1070709
7	2,44	107,31681	7	2,49	109,51592	108,4163625
8	2,19	110,08141	8	2,25	113,097336	111,5893711
9	2	113,09734	9	2,06	116,490256	114,7937956
10	1,84	115,61061	10	1,88	118,123884	116,8672467

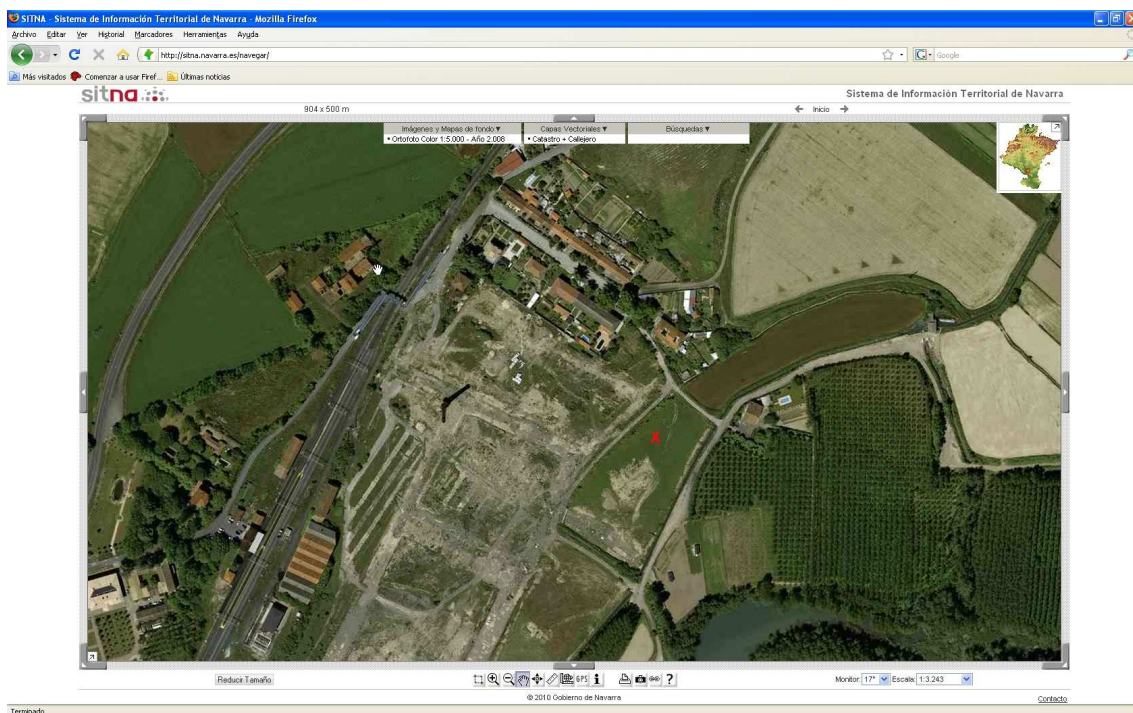




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Milagro 125**

Fecha 3 de febrero de 2010

Hora 14:45

Lugar Milagro

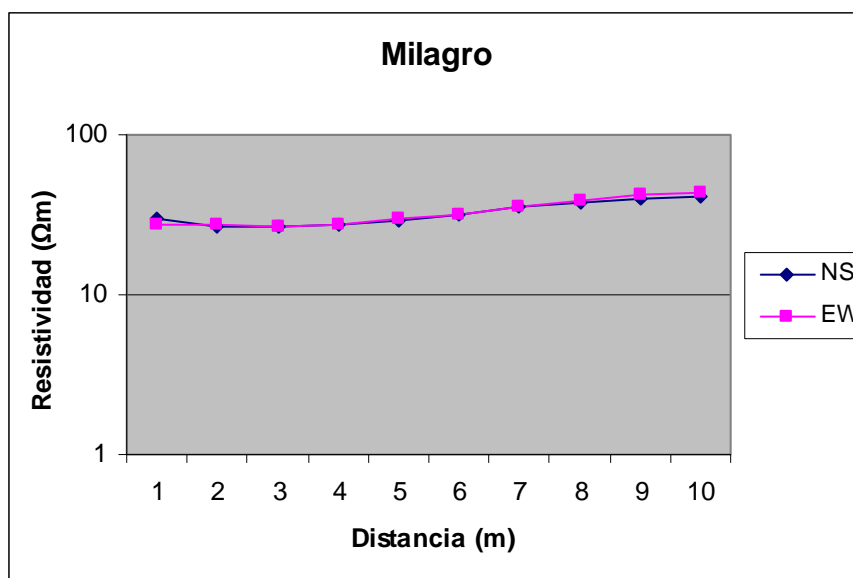
Unidad cartográfica 125

Coord. 603405 4677123 Error 3 m

Orientación NS

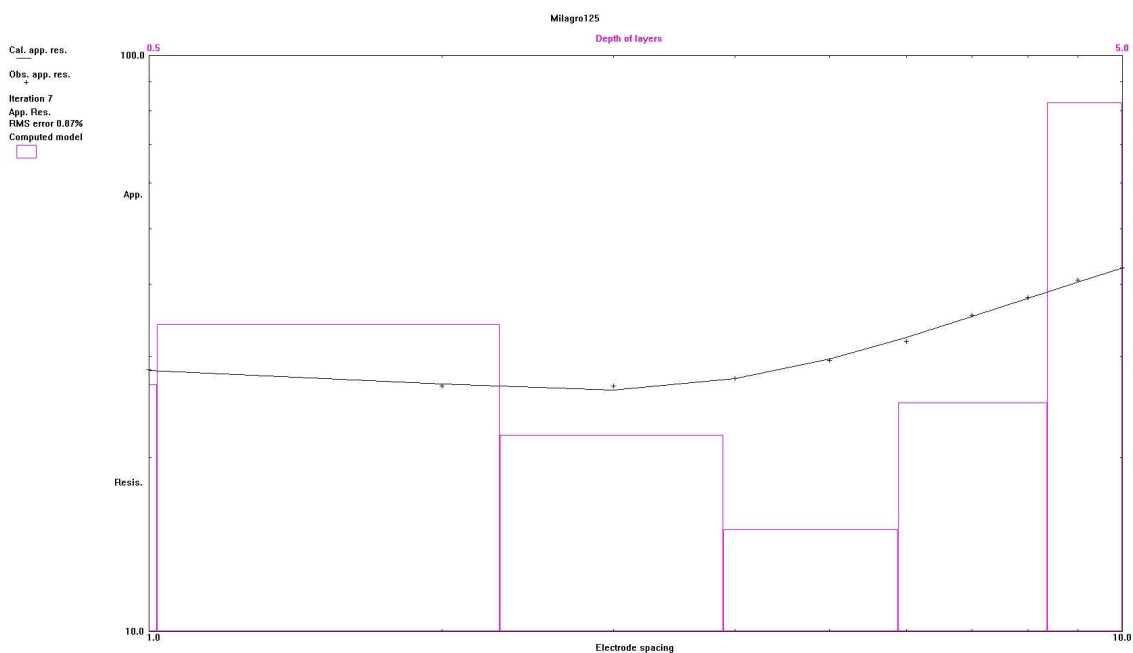
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	4,75	29,84513	1	4,3	27,017697	28,43141351
2	2,1	26,389378	2	2,15	27,017697	26,70353756
3	1,43	26,954865	3	1,4	26,389378	26,67212163
4	1,09	27,394688	4	1,1	27,646015	27,52035165
5	0,93	29,216812	5	0,95	29,84513	29,53097094
6	0,84	31,667254	6	0,85	32,044245	31,85574951
7	0,8	35,185838	7	0,81	35,625661	35,40574921
8	0,75	37,699112	8	0,76	38,201767	37,95043926
9	0,7	39,584067	9	0,74	41,846014	40,71504079
10	0,66	41,469023	10	0,7	43,982297	42,72566009

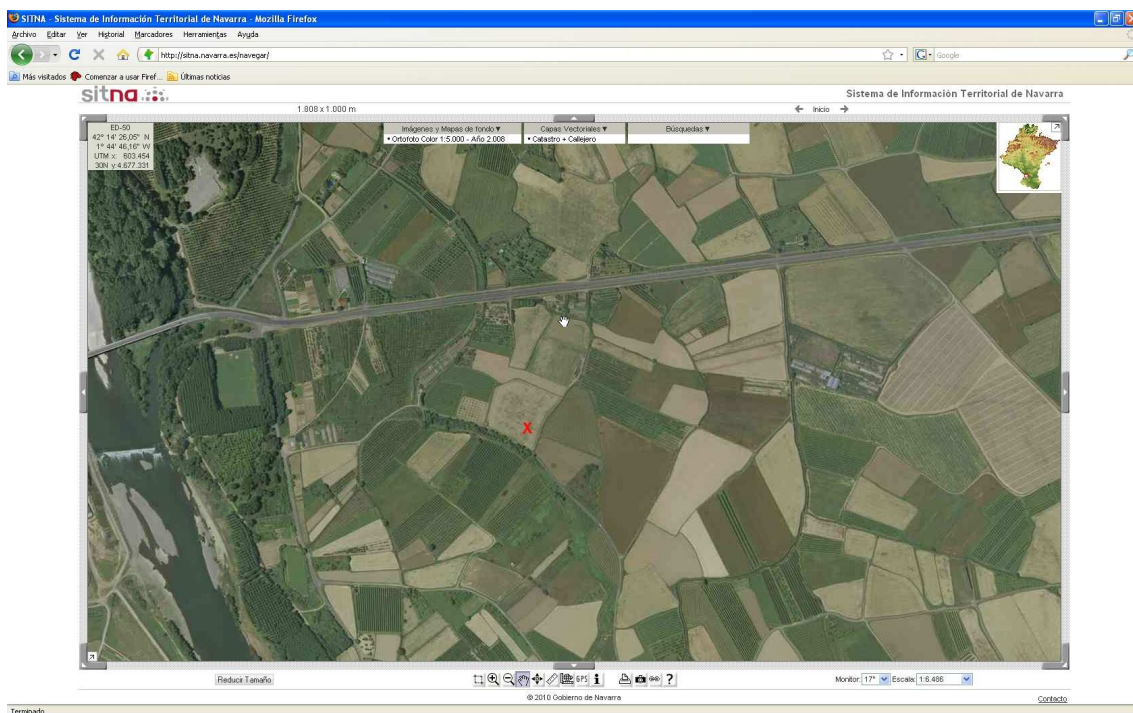




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Ribaforada 125**

Fecha 3 de febrero de 2010

Hora 11:00

Lugar Ribaforada

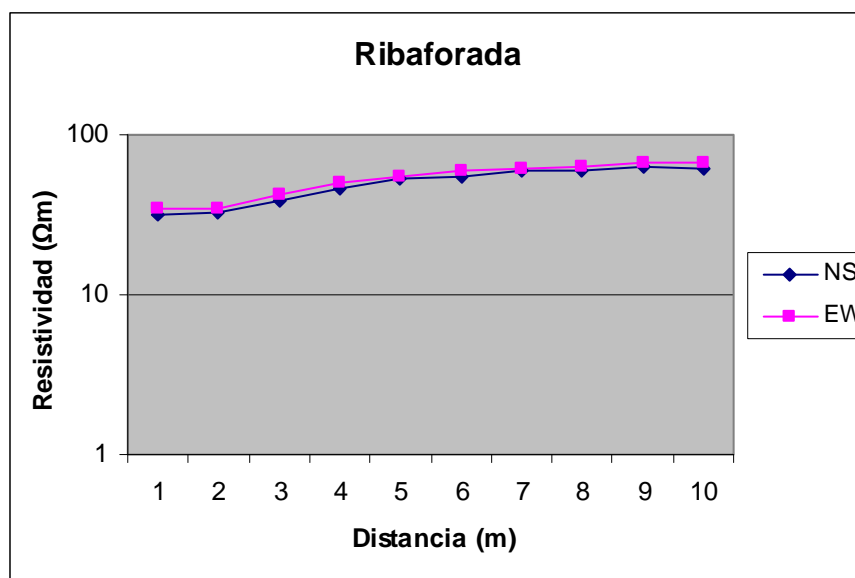
Unidad cartográfica 125

Coord. 624207 4651555 Error 2 m

Orientación NS

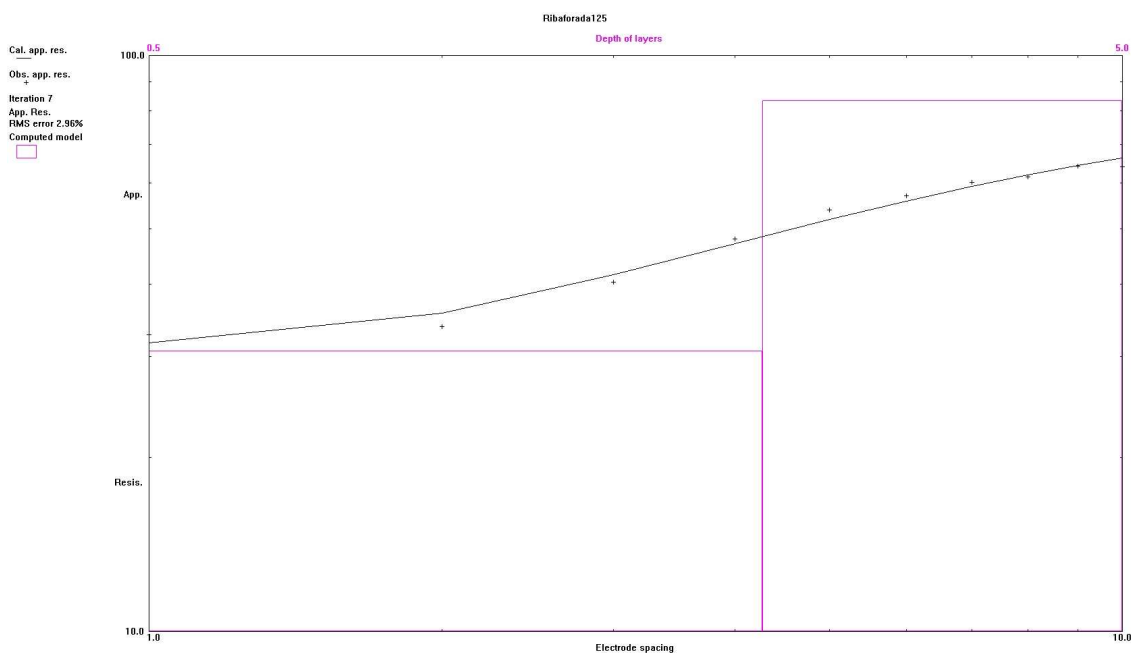
Orientación EW

Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	Resistividad media
1	5,02	31,54159	1	5,41	33,992033	32,76681138
2	2,61	32,798227	2	2,77	34,808847	33,80353695
3	2,05	38,64159	3	2,24	42,223005	40,43229745
4	1,83	45,992916	4	1,99	50,014155	48,00353575
5	1,67	52,464597	5	1,76	55,292031	53,87831401
6	1,47	55,417694	6	1,56	58,810614	57,11415444
7	1,34	58,936278	7	1,4	61,575216	60,2557471
8	1,2	60,318579	8	1,25	62,831853	61,57521601
9	1,1	62,203535	9	1,17	66,161941	64,18273791
10	0,97	60,946897	10	1,07	67,230083	64,08849013

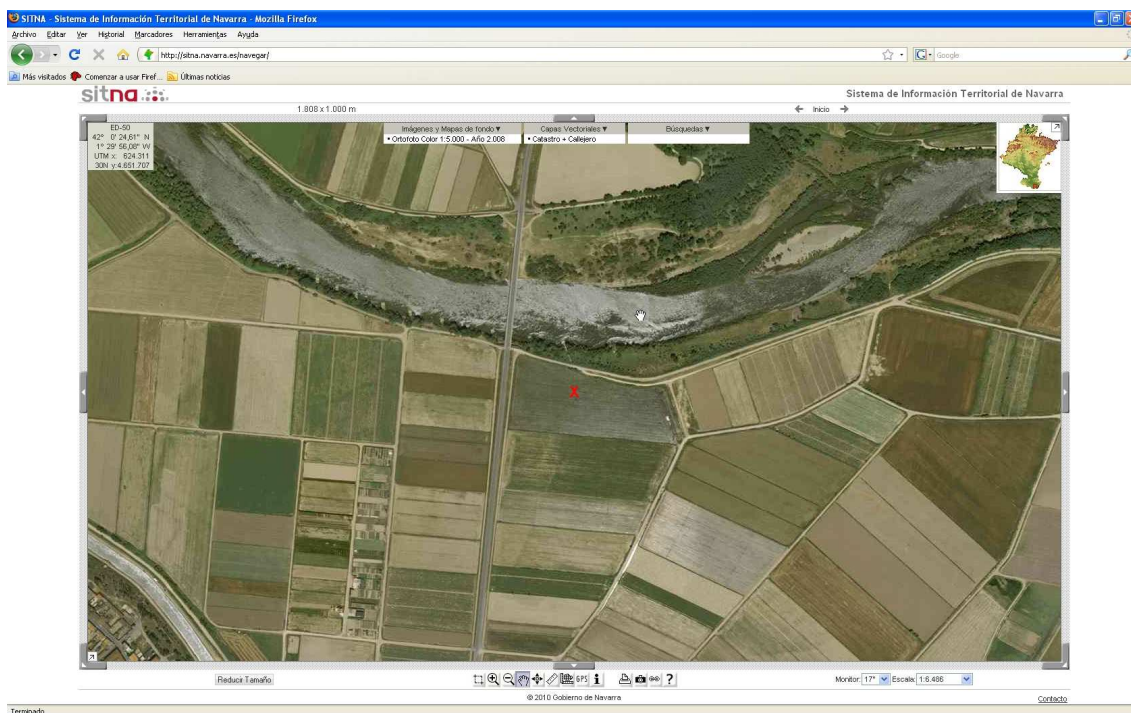




Gráfica RES1D



Localización SITNA



**Zuriain 125**

Fecha 26 de oct. de 2009

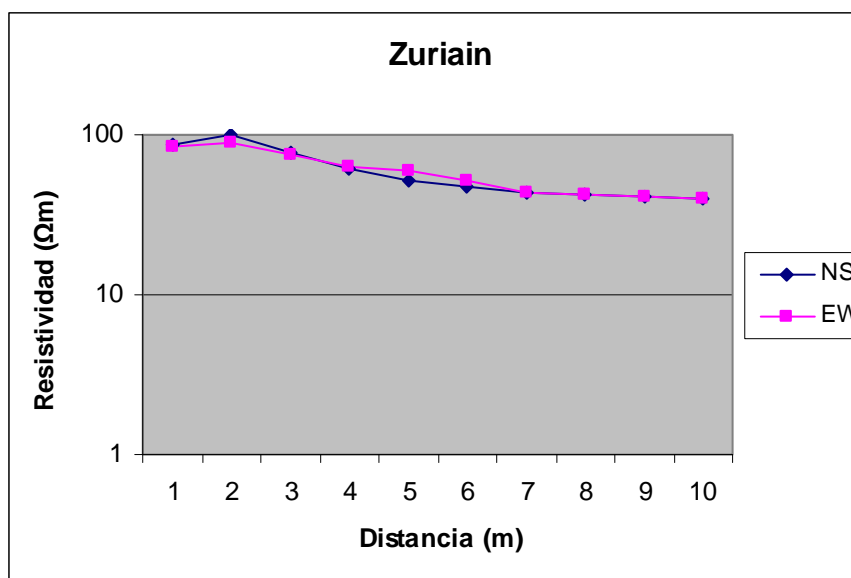
Hora 14:05

Lugar Zuriain

Unidad cartográfica 125

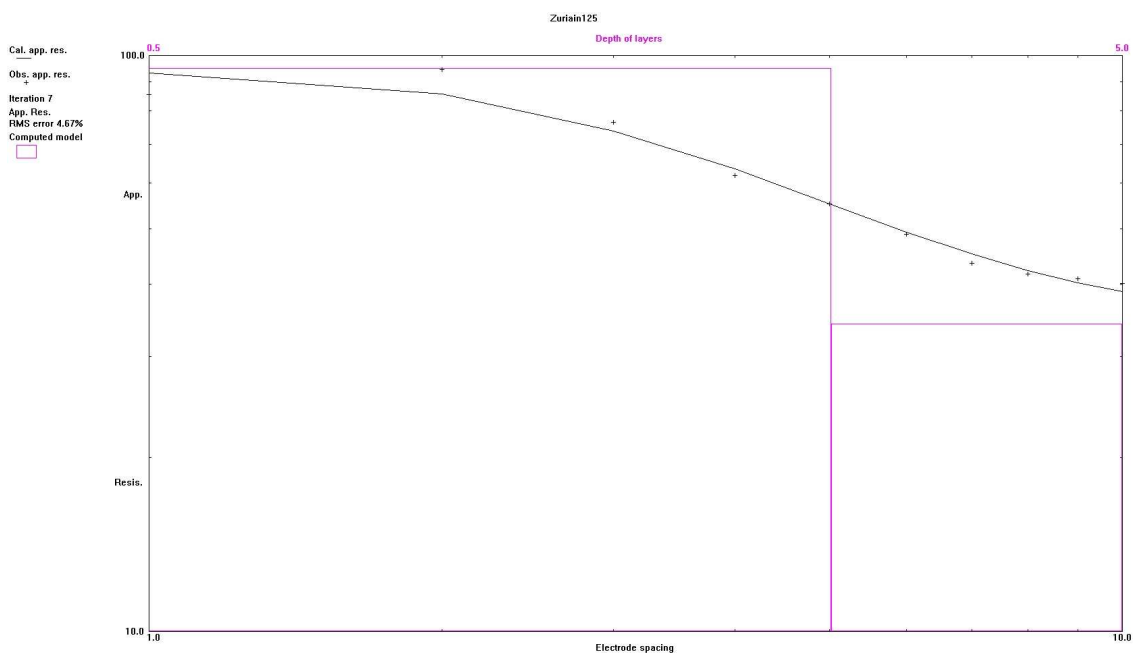
Coord. 617602 4749574 Error 3m

Orientación NS			Orientación EW			Resistividad media
Distancia	Resistencia	Resistividad	Distancia	Resistencia	Resistividad	
1	13,7	86,079639	1	13,53	85,0114972	85,54556796
2	7,94	99,776983	2	7,09	89,0955677	94,43627517
3	4,12	77,66017	3	4	75,3982237	76,52919704
4	2,41	60,569906	4	2,51	63,0831805	61,82654342
5	1,64	51,52212	5	1,88	59,0619419	55,2920307
6	1,24	46,746899	6	1,36	51,2707921	49,0088454
7	1	43,982297	7	0,98	43,1026512	43,54247418
8	0,83	41,72035	8	0,83	41,7203504	41,72035044
9	0,72	40,715041	9	0,73	41,2805275	40,99778413
10	0,64	40,212386	10	0,64	40,212386	40,21238597

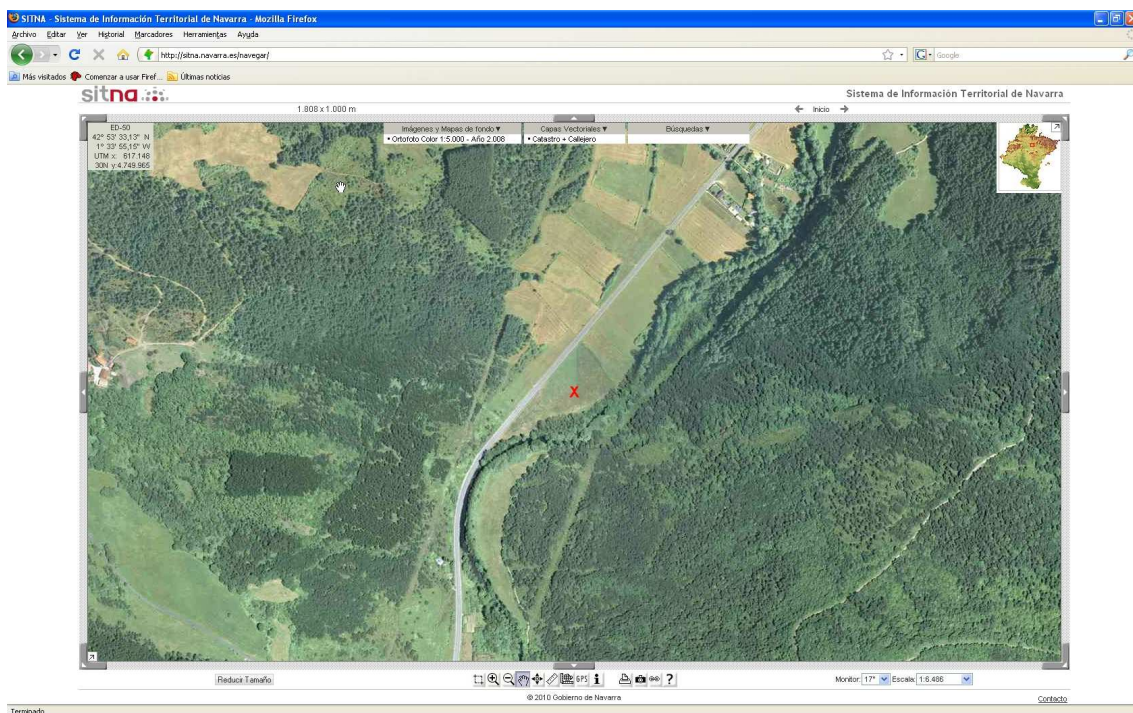




Gráfica RES1D



Localización SITNA





5. Conclusiones

Según la información teórica recabada sobre la resistividad del suelo los materiales tienen un papel fundamental a la hora de determinar dicha resistividad. Nosotros, apoyándonos en la publicación del Gobierno de Navarra (1997) Mapa Geológico de Navarra, en la que se explica y clasifica como está constituido el suelo de la Comunidad Foral, determinamos diferentes zonas que por sus características similares creemos deben tener resistividades parecidas. El inconveniente que hallamos es que la resistividad no depende exclusivamente de los materiales sino que además de las condiciones en que éstos se encuentren: humedad, temperatura...

Nos hemos encontrado con resistividades muy similares en zonas con materiales diferentes y con otras muy diferenciadas en zonas con un subsuelo semejante. Igualmente hemos observado que en distancias cortas, en el mismo terreno, las variaciones de resistividad pueden llegar a ser considerables. También hemos de tener en cuenta que el estudio geológico puede resultar no muy preciso en algunas situaciones, puesto que hay definiciones de materiales un tanto ambiguas (como por ejemplo zonas que contienen grava pero no sabemos el grosor de ésta, ni su compactación, materiales que la forman, etc.), por lo que dos lugares que a priori pueden parecer de la misma naturaleza pueden tener la misma composición pero en porcentajes muy diversos. Un claro ejemplo de esta conclusión lo encontramos en la unidad cartográfica 52 perteneciente al Cretácico Superior, en las medidas de Berasain y Saldías las cuales presentan unos valores, para una profundidad de cinco metros, de 17,75 y 69.12 Ω m. Por lo tanto creemos que no es posible realizar un mapa eléctrico que se corresponda directamente con el geológico ya existente.

Hemos intentado comprobar si las zonas con un subsuelo de mayor antigüedad son más resistivas en general que las que tienen un suelo de menor edad. Igualmente hemos comprobado que no es así para los lugares que han sido objeto de nuestro estudio, por ejemplo hemos comprobado que en Villafranca perteneciente a la unidad cartográfica 121 y a la época del Pleistoceno, se obtiene una resistividad de 500.93 Ω m y en Arizkun perteneciente a la unidad cartográfica w y al Paleozoico obtenemos una resistividad de 40.52 Ω m.

Para comprobar la influencia de la humedad realizamos sendas medidas en el mismo punto en condiciones de terreno seco y terreno mojado. Dicho punto se encuentra situado en Badostain con unidad cartográfica 82 y perteneciente al Terciario Marino. En los dos primeros metros obtenemos los siguientes resultados:



TERRENO SECO: 54.76 Ω m (para 1 m de profundidad) 41.97 Ω m (para 2 m de profundidad)

TERRENO MOJADO (ALTO NIVEL DE HUMEDAD): 29.86 Ω m (para 1 m de profundidad) 31.73 Ω m (para 2 m de profundidad).

En el resto de medidas hasta los 10 m de profundidad los valores de resistividad varían solamente entre 1 y 2 Ω m. por lo que podemos concluir que la humedad solamente va a tener influencia en las primeras capas, refiriéndonos a la humedad debida a las precipitaciones en forma de lluvia o nieve, la influencia puede cambiar si la humedad está motivada, por ejemplo, por aguas subterráneas ya que entonces su alcance puede ser mucho mayor.

Queremos mencionar también que enclaves que se encuentran clasificados dentro de la misma zona de estudio, no siempre siguen el mismo comportamiento en cuanto a sus características eléctricas: hay sitios en los que con la profundidad la resistividad aumenta y en otros que ocurre justamente lo contrario. Podemos observar que en puntos de la unidad cartográfica 125 pertenecientes al Holoceno ocurre esto precisamente. En Bozate los valores de resistividad son descendentes ya que van de 283,69 a 117,81 Ω m y en Marcilla ascienden de 49,73 a 116,87 Ω m.

Ante la imposibilidad de presentar datos concretos para cada zona, creemos que puede ser interesante presentar entre que rango se encuentran las resistividades del suelo, para las zonas predefinidas para nuestro estudio, a una profundidad de cinco metros. A esta profundidad los elementos externos no tienen influencia, puesto que si miramos los datos tomados, vemos que a cinco metros no hay grandes variaciones para ninguna medida.

Paleozoico: 40 – 525 Ω m

Triásico: 10 – 360 Ω m

Jurásico: 50 - 160 Ω m

Cretácico inferior: 42 – 84 Ω m

Cretácico superior: 12 – 175 Ω m

Terciario marino: 21 -277 Ω m

Terciario continental: 4 - 110 Ω m

Pleistoceno: 18 – 501 Ω m

Holoceno: 2 -160 Ω m

Estas resistividades están acordes con las resistividades de los materiales que forman las diferentes zonas geológicas.

Para demostrar de una forma visual la principal conclusión y objeto del estudio presentamos el siguiente mapa de la Comunidad Foral de Navarra en el que se puede apreciar que en cada zona geológica las resistividades de los puntos estudiados varían y por lo tanto no es posible el hacer una clasificación similar teniendo en cuenta la geología y la resistividad.

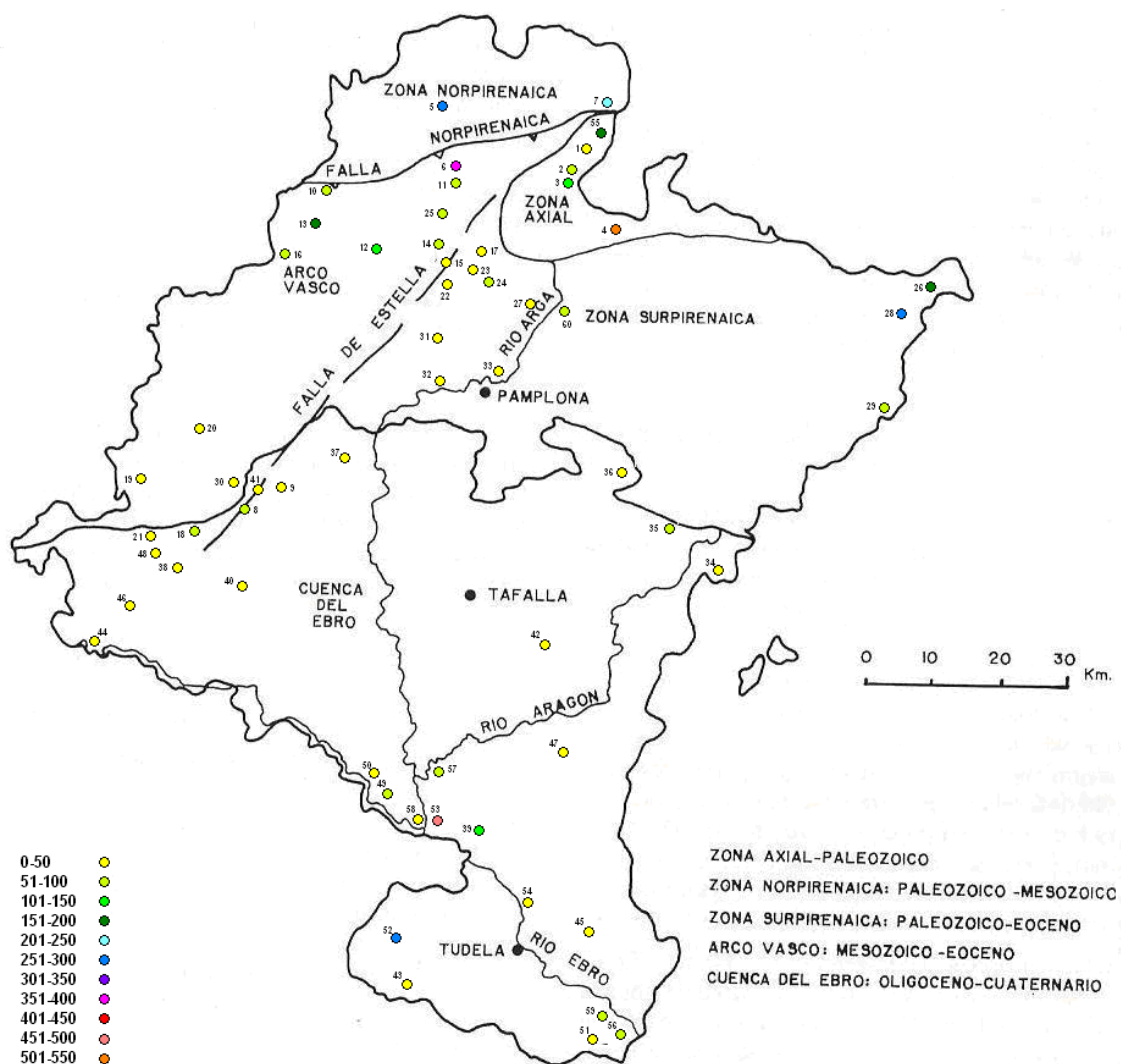


Figura 5.1 Mapa geoelectrico de la Comunidad Foral de Navarra



Los emplazamientos seleccionados son:

1. Arizkun
2. Ariztegi
3. Ziga
4. Sorogain
5. Arantza-Igantzi
6. Aurtitz
7. Iñarbil de Erratzu
8. Egúzquiza
9. Lorca
10. Alli
11. Beintza
12. Beruete
13. Uitz
14. Eltzaburu
15. Ilarregi (dos mediciones)
16. Intza
17. Arraitz
18. Zufía
19. Vitoria
20. Artaza
21. Piedramillera
22. Berasain
23. Iraizotz
24. Olagüe
25. Saldías
26. Isaba
27. Osacain
28. Ustarrotz
29. Roncal
30. Murugarren
31. Erice de Iza
32. Paternain
33. Badostain (dos mediciones)



34. Javier
35. Aibar
36. Leoz
37. Mañeru
38. Urbiola
39. Caparroso
40. Arróniz
41. Bearin
42. San Martín de Unx-Ujué
43. Cintruénigo
44. Viana
45. Bardenas Reales
46. El Busto
47. Rada
48. Sorlada
49. Peralta
50. Azagra
51. Buñuel
52. Corella
53. Villafranca
54. Arguedas
55. Bozate
56. Buñuel
57. Marcilla
58. Milagro
59. Ribaforada
60. Zuriain



Por lo que concluimos que:

1. No se puede hacer una relación directa entre el mapa geológico y el de mapa de resistividades.
2. El subsuelo sea antiguo no implica que sea más resistivo.
3. La influencia de la humedad debida a las precipitaciones alcanza dos o tres metros de profundidad.
4. Puntos pertenecientes a la misma zona geológica no tienen el mismo comportamiento en cuanto a características eléctricas: en unos aumenta la resistividad con la profundidad y en otros disminuye.
5. Es imposible reflejar datos concretos para cada zona puesto que hay variaciones grandes de resistividad para el mismo material.
6. La mayoría del suelo navarro presenta una resistividad media (a cinco metros de profundidad) cuyo valor oscila entre 0 y 100 Ω m.



BIBLIOGRAFÍA

Barker, R.D. (1989)

Depth of investigation of collinear symmetrical four electrode arrays.

Edwards, L.S. (1977)

A modified pseudosection for resistivity and IP.

Gobierno de Navarra (1997)

Mapa geológico de Navarra

Iakubovskii, Iu. V.; Liajov, L.L. (1980)

Exploración eléctrica

Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos, IEEE (1983)

ANSI/IEEE STD 81-1983. IEEE guide for measuring earth resistivity ground impedance and earth surface potentials of a ground system.

Instituto de Racionalización y Normalización, IRANOR (1986)

UNE 22613:1986 Prospección geofísica terrestre. Método de resistividades. Sondeos eléctricos verticales

Loke, M. H. (2001)

RES1D Version 1.0 for Windows 95/98/Me/2000/NT. 1-D Resistivity, IP & SIP inversion and forward modeling. Wenner and Schlumberger arrays.

Orellana, E. (1982)

Prospección geoelectrica en corriente continua

Roy, A; Apparao, A. (1971)

Depth of investigation in direct current methods.



Páginas web:

<http://www.geoelectrical.com/downloads.php>

www.siemcalsa.com/web/html/glosario_de_terminos_geologico.html

<http://es.wikipedia.org>

www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/2/EL41B/1/material_alumnos/objeto/23648



ANEXO I. TÉRMINOS GEOLÓGICOS

Abanico aluvial (Alluvial fan): Acumulación de materiales, con forma de abanico o de segmento de cono, depositada por una corriente, que se apoya en una zona de relieve y se expande y termina en otra llana.

Afloramiento: Parte de un terreno visible en la superficie de la tierra.

Agradación: Proceso de transformación de los minerales arcillosos consistente en la fijación de iones y reorganización de las hojas. Antónimo: degradación.

Alóctono: Venido de otra parte. Antónimo: autóctono.

Anticlinal: Pliegue en el que las capas situadas en el interior de la curvatura son las más antiguas.

Autóctono: Formado en el lugar en que se encuentra. Antónimo: alóctono.

Azoico/a: Se dice de un sedimento, roca, capa o serie que no contiene fósiles.

Basalto: Roca volcánica oscura muy pobre en cuarzo y con plagioclasas con más del 65% de anortita.

Brecha sedimentaria: Roca formada por un 50%, al menos, de fragmentos angulosos con diámetro superior a 2 mm, unidos por un cemento o una matriz.

Brecha tectónica: Fragmentación de las rocas en un contacto tectónico, habiendo cementado los fragmentos en el mismo lugar.

Brecha volcánica: Roca formada por fragmentos de rocas volcánicas y fragmentos de las rocas encajantes a veces, cementados por cenizas y lapillis.

Cabalgamiento: Conjunto de capas rocosas de edad más antigua que se superponen sobre otras de edad más moderna por efecto de presiones laterales.

Calcarenita: Roca sedimentaria formada por granos calizos de tamaño de arena.

Cata-: Prefijo cuyo significado primitivo es hacia abajo.

Chimenea: Conducto sensiblemente tubular por el que los productos volcánicos alcanzan la superficie. Al término de la erupción del volcán se llena de lava o de brechas con bloques soldados.

Ciclo sedimentario: Sedimentos que se depositan en una cuenca entre el inicio de dos fases transgresivas.

Ciclo tectónico u orogénico: Sucesión de acontecimientos que rigen la formación y luego la destrucción de una cadena montañosa.



Cinerita: Material sedimentario formado por acumulación de cenizas volcánicas en medio continental. El tamaño de grano es medio o fino, por lo que equivale a areniscas piroclásticas o lutitas piroclásticas respectivamente.

Dacita: Roca volcánica de composición similar a la granodiorita.

Diapiro: Masa de sales (sal gema, anhidrita, yeso) en forma de columna o domo, que asciende, dada su menor gravedad, cortando o deformando las rocas encajantes.

Diorita: Roca granítica sin feldespato potásico, con andesina y casi sin cuarzo. Con 5-20% de cuarzo, sería una cuarzodiorita.

Enclave: Bloque generalmente subelipsoidal, incluido en la masa granítica. Suelen ser microgranudos de granitoides más básicos o metamórficos muy micáceos.

Erosión: Conjunto de fenómenos externos que, en la superficie del suelo o a escasa profundidad, quitan en todo o en parte los materiales existentes modificando el relieve.

Esquisto: Roca metamórfica susceptible de dividirse en hojas por su alto contenido en minerales micáceos.

Evaporitas: Término general que designa los depósitos ricos en cloruros y sulfatos alcalinos. La precipitación de estas sales es resultado de su concentración, por evaporación intensa de masas de agua.

Facies: Conjunto de caracteres que definen una roca, grupo de rocas o un depósito.

Falla: Fractura del terreno con desplazamiento relativo de las partes separadas.

Flysch: Nombre que se da a las formaciones sedimentarias masivas potentes, mayoritariamente turbidíticas, depositadas en regiones orogénicas antes de su deformación.

Formación: Unidad litoestratigráfica fundamental. Cuerpo de rocas identificado por sus características litológicas y su posición estratigráfica.

Fósil: N. Resto o molde natural de un organismo conservado en un sedimento. Adj. Califica los objetos o sustancias, en general ligadas al mundo viviente, encerradas durante mucho tiempo en las rocas por un proceso de enterramiento o de infiltración.

Frente: 1. La parte más avanzada de un pliegue, un manto, un levantamiento orogénico, un proceso metamórfico, un delta, etc. 2. Lado más abrupto de un relieve.

Glacis: Forma de relieve que consiste en una superficie plana y poco inclinada.



Granito: Roca plutónica ácida con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y micas. El 10-65% de sus feldespatos son plagioclasa de 5-100% de anortita.

Hidromorfía o Hidromorfismo: Se llaman condiciones de-, procesos de-, etc., los debidos a la escasa o nula circulación del agua, generadores de ambientes pobres en oxígeno, con mayor estabilidad y movilidad del Fe_2^+ .

Humus: Materia orgánica de un suelo generalmente formada por restos vegetales más o menos transformados. Adj. húmico.

Karst (Carst): Macizo calcáreo afectado por modelado kárstico, entendido éste como tipo de relieve debido a la disolución de las rocas por las aguas meteóricas cargadas de gas carbónico.

Lacolito: Intrusión plutónica de forma lentejona con la superficie inferior plana.

Lehm: Material grosero deleznable, *in situ*, resultado de la alteración de rocas generalmente graníticas.

Lutita: Roca sedimentaria detrítica cuyos componentes tienen un diámetro inferior a $\sim 62\mu\text{m}$. Ciertos autores reservan este término a las rocas no consolidadas, llamando pelitas a las correspondientes rocas consolidadas.

Macla: Asociación de cristales de la misma naturaleza según leyes geométricas precisas, ligadas a los elementos de simetría del sistema cristalino considerado.

Metamorfismo: Conjunto de procesos que a partir de una roca original cambian la mineralogía y estructura de la misma, pudiendo llegar a formar una nueva roca, por efecto del aumento de la presión y/o temperatura, sin llegar a fundir totalmente la roca original.

Nódulo: Masa globosa, decimétrica o centimétrica, que se diferencia por su composición y/o su estructura del resto de la roca que la contiene.

Norita: Roca básica similar a un gabro pero con ortopiroxeno.

Ofita: Roca subvolcánica, de composición gabro-basalto y textura característica con cristales entrecruzados.

Olistolito: Masa consolidada que se desliza por gravedad dentro de una cuenca sedimentaria.

Ortocuarcita o Cuarciarenita: Arenisca con más del 95% de cuarzo.

Paleo-: Prefijo que significa antiguo.

Pelita: Roca sedimentaria detrítica de grano muy fino, formada por minerales arcillosos (30 a 75%), cuarzo, feldespato y micas.

Pliegue: Deformación resultante de la flexión o torsión de rocas.



Ripple: Estructura sedimentaria en forma de cresta originada por corrientes de agua o de aire o por el oleaje.

Sinclinal: Pliegue en el que los elementos situados en el interior de la curvatura son lo más modernos.

Techo: Término minero que designa la superficie superior de una formación, o bien los terrenos que la coronan inmediatamente. Antónimo: muro.

Terraza: Rellano situado en una o ambas vertientes de un valle, a una altitud superior a la del curso de agua, que representa el resto de un antiguo lecho en el que ha profundizado el curso de agua.

Toba: 1. Variedad de roca calcárea blanda y porosa, con restos orgánicos.
2. Depósito o roca volcánica formada por piroclastos soldados.

Turbidita: Capa de sedimentos fundamentalmente detríticos depositados de una vez por una corriente de turbidez. Su espesor es normalmente de orden decimétrico, pudiendo llegar a 1-2 m. En su forma más completa puede ser descrita por la secuencia tipo de Bouma. Se conocen tanto en medio marino como lacustre. La repetición de capas de turbiditas puede generar potentes series turbidíticas en zonas de talud y de llanura abisal. Constituyen prácticamente la totalidad de las facies flysch y parte de la molasa.

Unidad litoestratigráfica: Volumen de materiales diferenciado por sus características litológicas.



ANEXO II. PROGRAMA RES1D

Los datos se han interpretado con el programa informático RES1D de la marca GEOTOMO SOFTWARE. Dicho programa está disponible en la página:

<http://www.geoelectrical.com/downloads.php>

El programa gratuito RES1D para el sistema operativo Microsoft Windows desarrolla tanto el modelo directo como inverso para los sondeos eléctricos en 1-D. Las capas son capas horizontales con dos parámetros, la resistividad de la capa y su anchura.

El paquete de RES1D viene en un archivo comprimido de instalación SETUP.EXE que es un programa de instalación para Windows. Para instalar el programa, hacer clic en Inicio, y luego en Configuración seguido por el Panel de control, y luego en Agregar o quitar programas.

Los pasos para invertir un conjunto de datos son primero leer un archivo de una base de datos con los valores de resistividad aparente, modificar los parámetros de inversión, si necesario, y luego llevar a cabo la inversión.

Para leer en un fichero de datos, hacer clic en "File" opción en la barra de menú principal. Para leer un archivo de datos, hacer clic en los datos "Read apparent resistivity data file". Este archivo deberá tener la extensión .dat y será de la forma siguiente:

NOMBRE_DEL_LUGAR	
Type of array (Wenner or Schlumbreger)	Tipo de matriz
Wenner	
Number of data points	Número de datos
10	
Data Type (Resistivity,IP,SIP)	Tipo de datos
Resistivity	
Error in measurements included (Yes,No)	Error en mediciones
No	
Data section (spacing,app. res.)	Datos (espacio, res.)



1.000,	aparente)
2.000,	
3.000,	
4.000,	
5.000,	
6.000,	
7.000,	
8.000,	
9.000,	
10.000,	
User Starting Model Available (Yes/No)	Modelo de usuario disponible
Yes	
Fix Parameters (Yes/No)	Fijar parámetros
No	
Number of model layers	Número de capas
2	
Model Parameters (Res.,thickness)	Parámetros del modelo (res.,
120,1.5	espesor)
15	
0	Poner varios ceros al final

Para llevar a cabo la inversión del conjunto de datos, hacer clic en "Inversion" del menú. Al seleccionar "Invert with user model", el programa llevará a cabo una inversión del conjunto de datos. Se obtiene un gráfico, en base logarítmica, con los valores de resistencia aparente.



ANEXO III: CARACTERÍSTICAS DEL TERULÓMETRO TERR 234E

Medidas ejecutables por el terulómetro

- Medida de resistencia con dos tomas a tierra.
- Medida de resistencia con tres tomas a tierra.
- Medida de resistencia con cuatro tomas a tierra.
- Medida de tensión
- Medida de resistividad de tierra
- Cálculo de la media de valores individuales de medidas específicas de resistividad de tierra.

Especificaciones técnicas

Funciones

Medida de la resistencia de tierra R_E

Rango $R_E(\Omega)$	Resolución (Ω)
0 ÷ 19.99	0.01
20.0 ÷ 199.9	0.1
200 ÷ 1999	1

Medida de la resistividad de tierra ρ

Rango $\rho (\Omega m)$	Resolución (Ωm)
0 ÷ 19.99	0.01
20.0 ÷ 199.9	0.1
200 ÷ 1999	1
2.00k ÷ 19.99k	10
20.0k ÷ 125.6k	100

- Frecuencia de medida: 1Hz a 125Hz
- Corriente de medida: ≤ 10 mA
- Tensión de medida con terminal abierto: $< 80 V_{pico}$
- Forma de onda de tensión de medida: onda sinusoidal



Especificaciones generales

- Alimentación: 4x1.5v baterías alcalinas IEC R14
- Tiempo de vida de la batería: Aproximadamente 400 horas
- Display: LCD 3.5 dígitos, tamaño carácter 19 mm, con símbolos adicionales
- Tamaño memoria: 15 localizaciones
- Peso (instrumento): 1.3 Kg.
- Peso (set standard): 4.5 Kg.
- Dimensiones: 220mm x 85mm x 230mm

Procedimiento de medida para el modelo de cuatro picas

1. Conectar los cuatro terminales en sus respectivas salidas del aparato, para facilitar la tarea se dispone de cuatro cables de colores que van a su respectiva toma de igual color.
2. Poner el interruptor en la posición EARTH 4 WIRES (Tierra 4 picas). En la pantalla puede aparecer un 2 que indica que el instrumento realizará 2 medidas y calculará el resultado medio. También se puede escoger que se presente un 5 en pantalla lo que significa que se realizarán 5 medidas y la media en este caso se calculará con dichas 5 medidas (esta es la opción que nosotros hemos elegido en todas nuestras medidas, por parecernos que obtenemos una mayor precisión).

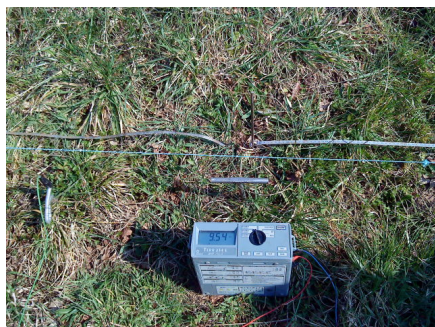
Set standard

- Terulómetro TERR 234E
- Cuatro picas o sondas de prueba
- Cuatro cables (negro, verde, rojo y azul) con cocodrilo/banana de seguridad
- Maletín de transporte
- Manual de instrucciones

Anexo IV. FOTOS

1. Paleozoico

Arizkun-Aintzialde w



Ariztegi w



Ziga w



Sorogain 8



Igantzi 28



2. Triásico

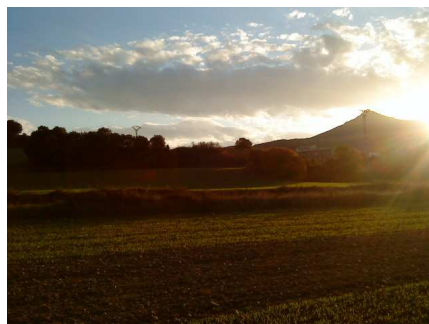
Aurtitz 33



Iñarbil de Erratzu 33



Igúzquiza 36



Lorca 36



3. Jurásico

Alli-Astiz 37



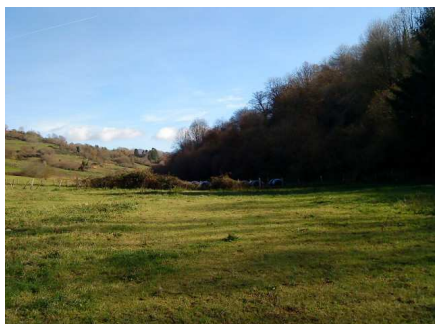
Beintza 37



Beruete 39



Uitzi 39

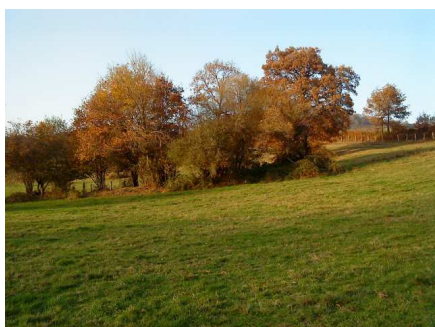


4. Cretácico inferior

Eltzaburu 48



Ilarregi 48



Intza 48



Arraitz 49





Zufia 49



5. Cretácico superior

Viloria 50



Artaza 50-51



Piedramillera 51



Berasain 52



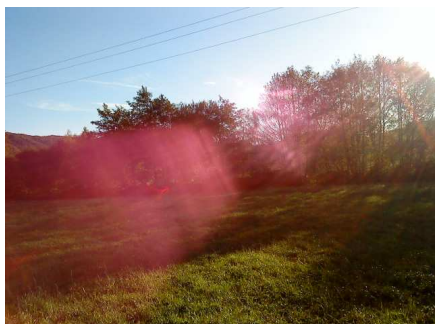
Ilarregi 52



Iraizotz 52



Olaque 52



Saldias 52



Isaba 57

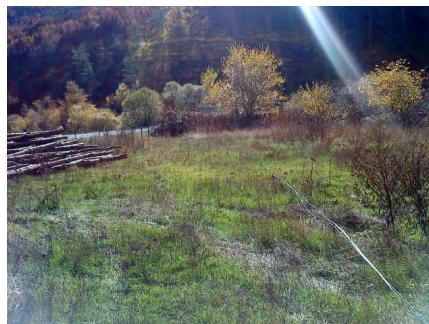


6. Terciario marino

Osacain 68



Ustarrotz 68



Roncal – Burgui 73



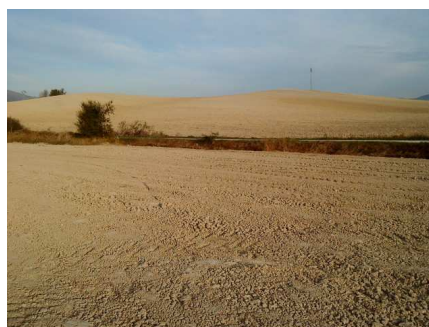
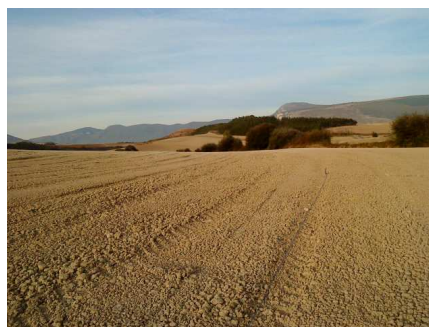
Murugarren 77



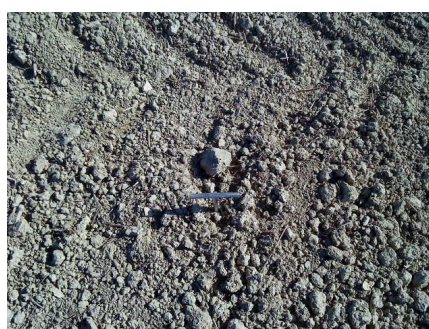
Erice de Iza 81



Paternain- Ororbia 82



Badostain 82



Badostain (Húmedo) 82

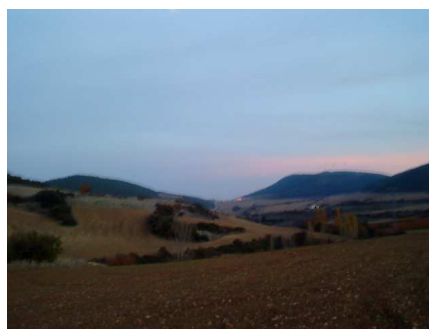


7. Terciario continental

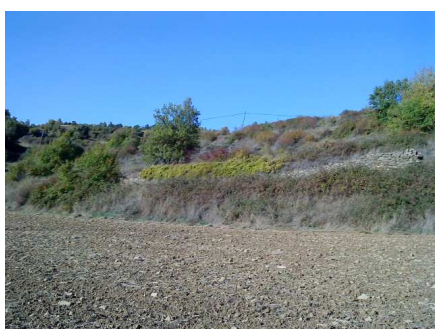
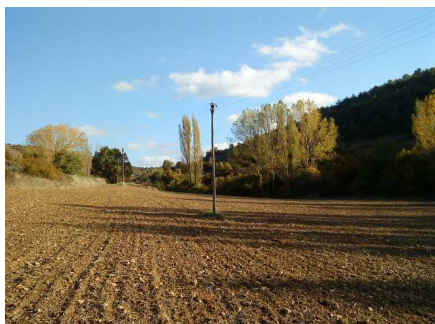
Javier 87



Aibar 89



Leoz 90



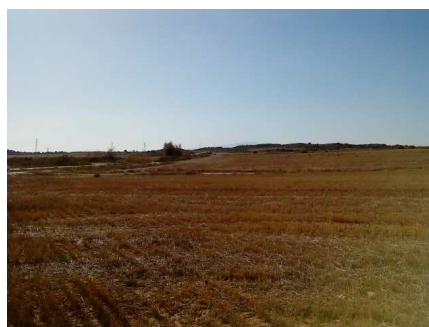
Mañeru 94



Urbiola 94



Caparroso 98



Arróniz 103



Bearin 103



San Martín de Unx – Ujué 104



Cintruénigo 109

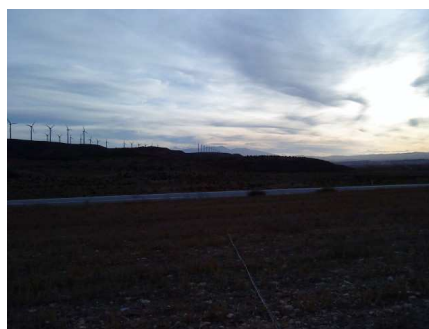
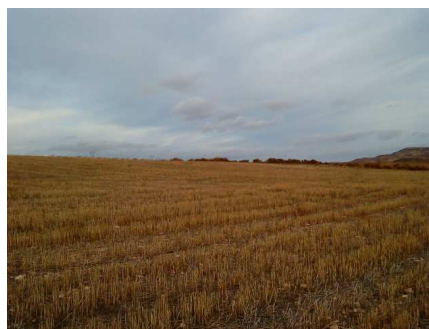




Viana 109



Bardenas Reales 112



El Busto 112

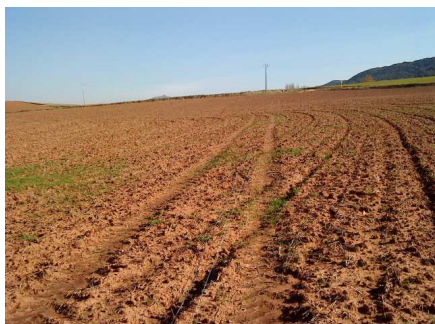


Rada 112





Sorlada 116



8. Pleistoceno

Peralta 120



Azagra-Milagro 121



Buñuel 121



Corella 121





Villafranca 121

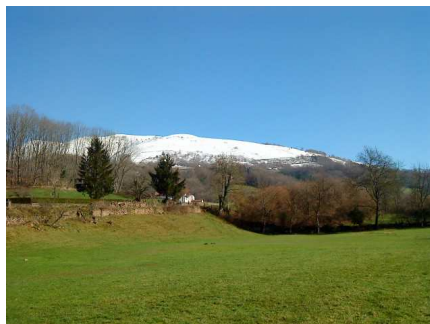


9. Holoceno

Arguedas 123



Bozate 125



Buñuel 125



Marcilla 125



Milagro 125



Ribaforada 125



Zuriain 125

